

Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Dentária



Estudo da Permeabilidade Dentinária com um Sistema Adesivo Universal

Sara Alexandra de Oliveira Ferreira Rodrigues

Dissertação

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2014

Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Dentária



Estudo da Permeabilidade Dentinária com um Sistema Adesivo Universal

Sara Alexandra de Oliveira Ferreira Rodrigues

Dissertação orientada pela
Professora Doutora Sofia Arantes e Oliveira

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2014

Agradecimentos

À Professora Doutora Sofia Arantes e Oliveira, por gentil e prontamente ter aceitado a orientação desta dissertação, e agradeço em especial, pela motivação, apoio e disponibilidade incondicionais demonstrados ao longo de todo o processo de realização deste estudo.

À Dra. Filipa Chasqueira pelas sugestões que contribuíram para a evolução deste estudo laboratorial e sobretudo pelo apoio moral prestado.

À minha família, Pai, Mãe, e irmãos Susana e Diogo, pelo apoio, paciência e compreensão infindáveis e por serem aqueles que mais contribuíram para que eu atingisse todos os meus objetivos.

À Diana, pelos longos anos de amizade, compreensão e por ter estado sempre presente nos momentos mais difíceis.

À Nádia e à Inês, que foram o incentivo e a força em todos os momentos passados no laboratório e que me acompanharam de perto durante todo o tempo.

À Letícia e à Carolina, amigas e companheiras de grandes desafios, obrigada pelo carinho, conselhos e disponibilidade demonstrados.

À Edna, Joana, Rita e Tânia, minhas companheiras ao longo de todo o percurso académico, agradeço todos os bons momentos partilhados.

A todos aqueles que direta ou indiretamente ajudaram na realização deste estudo e, que de alguma forma contribuíram para a sua viabilidade e desenvolvimento.

Resumo

Objetivo: Quantificar a permeabilidade dentinária dos sistemas adesivos utilizados atualmente e analisar a influência de uma camada de resina hidrófoba nessa permeabilidade.

Materiais e Métodos: Quarenta e seis dentes foram preparados e aleatoriamente divididos por 4 grupos de estudo (n=10), conforme o sistema adesivo usado. Todos os espécimes foram submetidos a pressão pulpar com a subsequente aplicação do sistema adesivo e medição da permeabilidade. Após aplicação de uma camada de resina hidrófoba foi realizada nova medição da permeabilidade. Os outros 6 espécimes foram utilizados para caracterizar a permeabilidade dentinária através da visualização em microscopia eletrônica de varrimento de réplicas de polivinilsiloxano da superfície dentinária. Os dados foram tratados com uma MANOVA, seguindo-se testes estatísticos *post-hoc*, pelo método de Tukey, estabelecendo-se o nível de significância de 5%.

Resultados: A permeabilidade foi significativamente menor nos espécimes do grupo com o Futurabond U *self-etch* do que nos espécimes dos grupos com sistemas adesivos *etch-and-rinse* ($p<0,05$), tanto após a aplicação do adesivo como após a aplicação da camada de resina hidrófoba. Após a aplicação da resina hidrófoba verificou-se uma redução nos valores de permeabilidade com todos os sistemas adesivos estudados sendo que os espécimes do grupo com Scotchbond 1XT foram os que obtiveram maiores valores de permeabilidade quando comparado com os espécimes dos grupos com Easybond e Futurabond U *self-etch* ($p<0,05$). Não foram encontradas outras diferenças estatisticamente significativas.

Conclusões: O adesivo universal Futurabond U quando aplicado segundo a estratégia *self-etch* foi o que promoveu uma menor permeabilidade dentinária. A aplicação de uma camada de resina hidrófoba levou a uma redução da permeabilidade dentinária em todos os sistemas adesivos estudados.

Palavras-chave: camada de resina hidrófoba; permeabilidade dentinária; pressão pulpar; sistemas adesivos universais

Abstract

Objective: To quantify dentin permeability of adhesive systems currently used and analyze the influence of an hydrophobic resin layer on that permeability.

Materials and Methods: Forty-six teeth were prepared and randomly divided into 4 groups (n = 10), according to the adhesive system used. All specimens were subjected to pulpal pressure with the subsequent application of the adhesive system and measurement of the permeability. After application an hydrophobic resin layer new permeability measurements were performed. The remaining 6 samples were used to characterize the permeability through dentin surface with polyvinylsiloxane replicas, which were seen in the scanning electron microscope. Data were treated with MANOVA followed by Tukey *post-hoc* statistical tests, with 5% significance level.

Results: The permeability was significantly lower in the group with self-etch Futurabond U than in groups with etch-and-rinse adhesive systems ($p < 0.05$), after adhesive and after hydrophobic resin layer application. After application of a hydrophobic resin layer there was a decrease in permeability values in all adhesive systems but the group with Scotchbond 1XT had the higher permeability values compared to the groups with Easybond and Futurabond U self-etch ($p < 0.05$). No other statistically significant differences were found.

Conclusions: The universal adhesive Futurabond U when applied according to the self-etch strategy yield lower dentin permeability than with the etch-and-rinse strategy. An hydrophobic resin layer lead to a reduction in dentin permeability with all the adhesives tested.

Key-words: hydrophobic resin layer; dentin permeability; pulpal pressure; universal adhesive systems

Índice:

Agradecimentos.....	I
Resumo.....	III
Abstract	V
Lista de Tabelas.....	IX
Lista de Figuras	XI
Abreviaturas	XIV
Símbolos	XIV
Unidades	XIV
1 – Introdução	1
2 – Objetivos.....	6
3 – Materiais e Métodos	8
3.1. Delineamento experimental.....	8
3.2. Materiais utilizados	8
3.3. Amostra	10
3.4. Preparação dos espécimes	10
3.5. Ensaio de Permeabilidade	11
3.6. Caracterização morfológica da superfície oclusal.....	13
3.7. Análise Estatística.....	13
4 – Resultados.....	15
4.1. Permeabilidade dentinária	15
4.2. Caracterização morfológica da superfície oclusal.....	16
5 – Discussão	20
6 – Conclusões	26
Referências Bibliográficas	a
Anexo A - Tabelas	i
Anexo B - Figuras	vii

Lista de Tabelas

Tabela 1: Composição e modo de aplicação dos materiais utilizados.	9
Tabela 2: Grupos de estudo de acordo com os sistemas adesivos usados (grupos) e com a aplicação ou não de camada de resina hidrófoba (subgrupos).....	12
Tabela 3: Valores médios (desvio padrão) de permeabilidade dentinária, para os vários grupos de adesivo em estudo antes e após da aplicação de camada de resina hidrófoba (n=9); letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas.	15
 Tabela A. 1: Estatística descritiva dos valores de permeabilidade dentinária.....	i
Tabela A. 2: Teste de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk, para avaliação da normalidade da distribuição dos valores de permeabilidade.....	iii
Tabela A. 3: Teste de Levene, para avaliação da homogeneidade de variâncias.	iii
Tabela A. 4: Student´s t-teste para comparação da permeabilidade após aplicação de adesivo e após aplicação da camada de resina hidrófoba.....	iii
Tabela A. 5: Teste MANOVA (análise multivariada da variância de duas variáveis dependentes).....	iv
Tabela A. 6: Testes <i>post-hoc</i> segundo o método de Tukey, para comparação dos diferentes grupos experimentais.	iv

Lista de Figuras

- Figura 1.** **A** – Espécime de dentina cortado. **B** – Confirmação de 2mm de espessura através da medição com paquímetro. **C** – Espécime colado com adesivo de cianoacrilato a uma placa de suporte. **D** – Polimento com lixa para criar *smear-layer* normalizada. . 10
- Figura 2.** **A** – Sistema de pressão hidráulico a 77 cmH₂O. **B** – Aplicação de ácido ortofosfórico a 35%. **C** – Escala milimétrica entre o reservatório de pressão e o disco de dentina e através da qual se mediu o deslocamento da água. **D** – Formação de *smear-layer* normalizada através de polimento com lixa. **E** – Aplicação da camada de resina hidrófoba sobre o adesivo..... 12
- Figura 3.** **A** – Montagem das imagens de SEM (30X) de uma réplica da superfície de dentina condicionada com ácido. **B e C** – Imagens de SEM (500X) de zonas de permeabilidade identificadas por elevações globulares. 16
- Figura 4.** **A** – Montagem das imagens de SEM (30X) de uma réplica da superfície de dentina coberta com *smear-layer*. **B e C** – Imagens de SEM (500X) de zonas de não permeabilidade identificadas pela ausência de elevações globulares. 17
- Figura 5.** **A** – Montagem das imagens de SEM (30X) de uma réplica da superfície de dentina após aplicação de adesivo Scotchbond 1XT. **B** – Zona de não permeabilidade. **C** – Zona de permeabilidade. **B e C** – Imagens de SEM (500X). 17
- Figura 6.** **A** – Montagem das imagens de SEM (30X) de uma réplica da superfície de dentina após aplicação de adesivo Futurabond U (*etch-and-rinse*). **B** – Zona de não permeabilidade identificada pela ausência de elevações globulares. **C** – Zona de permeabilidade. **B e C** – Imagens de SEM (500X). 17
- Figura 7.** **A** – Montagem das imagens de SEM (30X) de uma réplica da superfície de dentina após aplicação de adesivo Futurabond U (*self-etch*). **B** – Zona de não permeabilidade identificada pela ausência de elevações globulares. **C** – Zona de permeabilidade identificada por elevações globulares. **B e C** – Imagens de SEM (500X). 18
- Figura 8.** **A** – Montagem das imagens de SEM (30X) de uma réplica da superfície de dentina após aplicação de adesivo Easybond. **B** – Zona de não permeabilidade identificada pela ausência de elevações globulares. **C** – Zona de permeabilidade identificada por elevações globulares. **B e C** – Imagens de SEM (500X). 18
- Figura 9.** **A** – Montagem das imagens de SEM (30X) de uma réplica da superfície de dentina após aplicação de camada hidrófoba sobre o adesivo Scotchbond 1XT. **B** – Zona

de não permeabilidade identificada pela ausência de elevações globulares. **C** – Zona de permeabilidade. **B e C** – Imagens de SEM (500X). 18

Figura 10. **A** – Montagem das imagens de SEM (30X) de uma réplica da superfície de dentina após aplicação de camada hidrófoba sobre o adesivo Futurabond U (*etch-and-rinse*). **B** – Zona de não permeabilidade identificada pela ausência de elevações globulares. **C** – Zona de permeabilidade. **B e C** – Imagens de SEM (500X). 19

Figura 11. **A** – Montagem das imagens de SEM (30X) de uma réplica da superfície de dentina após aplicação de camada hidrófoba sobre o adesivo Futurabond U (*self-etch*). **B** – Zona de não permeabilidade identificada pela ausência de elevações globulares. **C** – Zona de permeabilidade. **B e C** – Imagens de SEM (500X). 19

Figura 12. **A** – Montagem das imagens de SEM (30X) de uma réplica da superfície de dentina após aplicação de camada hidrófoba sobre o adesivo Easybond. **B** – Zona de não permeabilidade identificada pela ausência de elevações globulares. **C** – Zona de permeabilidade. **B e C** – Imagens de SEM (500X). 19

Figura A 1. **A** – Imagem de SEM (500X) de zona de permeabilidade identificada por elevações globulares após condicionamento ácido. **B** – Imagem de SEM (500X) de zona de não permeabilidade com ausência de elevações globulares após *smear-layer*.vii

Figura A 2. **A e B** – Imagens de SEM (500X) de zonas de permeabilidade identificadas por elevações globulares após aplicação de sistema adesivo Scotchbond 1XT.vii

Figura A 3. **A e B** – Imagens de SEM (500X) de zonas de permeabilidade identificadas por elevações globulares após aplicação de sistema adesivo Futurabond U (*etch-and-rinse*).vii

Figura A 4. **A e B** – Imagens de SEM (500X) de zonas de permeabilidade identificadas por elevações globulares após aplicação de sistema adesivo Futurabond U (*self-etch*).vii

Figura A 5. **A e B** – Imagens de SEM (500X) de zonas de permeabilidade após aplicação de sistema adesivo Easybond.viii

Figura A 6. **A e B** – Imagens de SEM (500X) de zonas de permeabilidade após aplicação de camada hidrófoba sobre sistema adesivo Scotchbond 1XT.viii

Figura A 7. **A e B** – Imagens de SEM (500X) de zonas de permeabilidade após a aplicação de camada hidrófoba sobre sistema adesivo Futurabond U (*etch-and-rinse*).viii

Figura A 8. **A e B** – Imagens de SEM (500X) de zonas de permeabilidade após a aplicação de camada hidrófoba sobre sistema adesivo Futurabond U (*self-etch*).viii

Figura A 9. A e B – Imagens de SEM (500X) de zonas de permeabilidade após a aplicação de camada hidrófoba sobre sistema adesivo Easybond.ix

Abreviaturas

CEJ – junção amelo-cementária (*cementoenamel junction*)

HEMA – 2-hidroxietil metacrilato

LED – díodos emissores de luz (*light-emitting diode*)

MANOVA – análise multivariada da variância (*Multivariate Analyse of Variance*)

MDP – monômero metacriloxidecil fosfato (*10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate monomer*)

SEM – microscópio eletrônico de varrimento (*Scanning electron microscope*)

Símbolos

% – percentagem

n – tamanho da amostra

p – significância estatística

Lp – condutância hidráulica

Jv – movimento do fluído

A – área de superfície dentinária

ΔP – gradiente de pressão hidrostática

t – tempo

Unidades

°C – unidade de temperatura (graus Celsius)

cmH₂O – unidade do gradiente de pressão hidrostática (centímetro de água)

mm – unidade de medida (milímetro)

$\mu\text{l}/\text{min}^{-1}$ – movimentação do fluído (microlitro por minuto)

cm² – unidade de área (centímetro quadrado)

min – unidade de tempo (minuto)

$\mu\text{L cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm H}_2\text{O}^{-1}$ – unidade de condutância hidráulica (microlitro por centímetro quadrado por minuto por centímetro de água)

1 – Introdução

Desde os trabalhos de Buonocore (1955;1973) que o conceito de adesão ao esmalte permaneceu simples, consistente e fiável ao longo de várias décadas. Esta previsibilidade na adesão deve-se ao facto do esmalte ser um substrato uniforme, composto fundamentalmente por cristais inorgânicos. Pelo contrário, a adesão à dentina revelou-se imprevisível (Kugel, 2000). O conteúdo orgânico e a estrutura tubular da dentina, a presença de processos odontoblásticos dentro dos túbulos, e o fluxo de fluído numa direção exterior, fazem da fiabilidade da adesão dentinária uma problemática (Swift et al., 1995).

Os adesivos atuais funcionam de duas maneiras distintas: removendo a *smear-layer* através do condicionamento ácido (sistemas *etch-and-rinse*) ou mantendo a *smear-layer* como substrato para a adesão, modificando-a apenas (sistemas *self-etch*) (Oliveira et al., 2003; Van Landuyt et al., 2007).

O primeiro passo dos sistemas *etch-and-rinse* consiste no condicionamento ácido do esmalte e dentina, usando habitualmente ácido ortofosfórico com uma concentração entre 30 a 40%, durante 15 segundos (De Munck et al., 2005; Peumans et al., 2005).

No esmalte, o condicionamento dissolve seletivamente os cristais de hidroxiapatite, aumentando a energia de superfície e criando micro-rugosidades que serão preenchidas pelo adesivo, permitindo retenção micromecânica ao esmalte, após a polimerização (Buonocore, 1955; Buonocore, 1973). Na dentina, o condicionamento ácido remove o conteúdo inorgânico à superfície e expõe as fibras de colagénio removendo também a camada de detritos que se encontra na superfície da dentina cortada (*smear-layer*) (Pashley e Matthews, 1993). A fase seguinte é substituir a água que fica presa na rede de colagénio, por resina.

A zona de infiltração formada pelo colagénio, *primer*, resina e resíduos de hidroxiapatite é designada camada híbrida (Nakabayashi et al., 1982; Pioch et al., 2001), e tem sido apontada como a principal responsável pela adesão à dentina (Nakabayashi e Takarada, 1992).

Os sistemas adesivos *etch-and-rinse* podem ser de três ou dois passos. No primeiro, após o condicionamento ácido, é utilizada uma solução aquosa de monómeros hidrofílicos, designada *primer* (Nakabayashi e Takarada, 1992) e posteriormente é aplicada uma resina hidrófoba, que penetra nas fibras de colagénio (Nakabayashi, 2003;

De Munck et al., 2005). No segundo, o *primer* e a resina fluída são unidos num só líquido (De Munck et al., 2005; Van Landuyt et al., 2007).

Algumas limitações têm sido associadas aos sistemas *etch-and-rinse*. O condicionamento da dentina com ácido fosfórico, promove a desmineralização numa profundidade que ronda os 8 a 10 μm e a penetração da resina numa camada tão espessa é por vezes difícil, podendo originar uma zona de colagénio desmineralizado não suportado e não protegido por resina (Schulze et al., 2005). O colagénio fica assim mais suscetível de sofrer degradação podendo comprometer a longevidade da adesão (Sano et al., 1995; Hashimoto et al., 2006). Outra dificuldade com que estes sistemas se deparam é a necessidade de promover a adesão a um meio húmido, com a particular dificuldade de estabelecer a humidade ideal que permita alcançar valores de adesão satisfatórios (Hashimoto et al., 2006). Se a dentina tiver excesso de água, após a lavagem e secagem do ácido, poderá ocorrer a diluição dos componentes do *primer* e da resina fluída (Tay e Pashley, 2003a). Por outro lado, se houver uma secagem excessiva, as fibras de colagénio deixarão de estar suportadas e colapsarão, impedindo a penetração da resina (Kanca, 1992).

O solvente usado nos sistemas adesivos poderá atenuar este problema, uma vez que foi provado que os sistemas mais permissivos em relação à hidratação da dentina desmineralizada são os que têm na sua constituição água, que permite re-hidratar o colagénio, mesmo que ligeiramente colapsado (Perdigão e Frankenberger, 2001).

A impregnação incompleta das fibras de colagénio (Sano et al., 1994), a necessidade de proteção contra os mecanismos de degradação (Hashimoto et al., 2000) e a tentativa de simplificar o procedimento clínico levou ao desenvolvimento dos sistemas adesivos *self-etch*.

Nos sistemas *self-etch* é aplicada uma solução de monómeros acídicos sobre a dentina coberta com *smear-layer*. Estes sistemas, juntam no mesmo passo o condicionamento ácido e o *primer* (*self-etch* de dois passos) com posterior aplicação da resina adesiva, ou todos os componentes são aplicados de uma só vez (*self-etch* de um passo) (Van Meerbeek et al., 2003).

A desmineralização dos tecidos duros, com os sistemas *self-etch* é realizada simultaneamente à penetração dos monómeros de resina (Cadenaro et al., 2005), prevenindo-se o colapso das fibras de colagénio, uma vez que a humidade da dentina deixa de ser um fator crucial e minimiza-se a espessura da camada de colagénio não protegida por resina (Oliveira et al., 2004; Schulze et al., 2005). Como a *smear-layer*

não é completamente removida (Oliveira et al., 2003) estes sistemas estão associados a uma menor sensibilidade pós-operatória que os *etch-and-rinse* (Moszner et al., 2005) pois não abrem os túbulos dentinários, não permitindo um aumento da permeabilidade (Swift, 2001). No entanto, por formarem um padrão de desmineralização menos retentivo que o obtido nos sistemas *etch-and-rinse*, a eficácia de adesão ao esmalte está na maior parte dos casos, reduzida (Pashley e Tay, 2001; Perdigão e Geraldini, 2003).

Os *self-etch* podem ser classificados de acordo com o pH da solução adesiva em leves ($\text{pH} > 2$), moderados ($1 < \text{pH} < 2$) ou fortes ($\text{pH} < 1$). Esta acidez influencia a capacidade do sistema interagir com o esmalte e a dentina subjacente (Van Meerbeek et al., 2003). Mesmo os sistemas adesivos *self-etch* com pH mais baixo, não se têm mostrado muito eficazes no esmalte e promovem o aparecimento de compostos instáveis dentro da camada híbrida que levam ao enfraquecimento da adesão (Van Landuyt et al., 2007). A desmineralização limitada criada por estes adesivos irá restringir a formação de uma camada híbrida clássica e reduz a possibilidade de formação de *tags* de resina (Mjör, 2009).

Recentemente surgiram novos sistemas adesivos designados universais ou “multi-mode” (Hanabusa et al., 2012; Perdigão et al., 2012). Um sistema adesivo universal deve ser capaz de ser aplicado na estrutura dentária sob a forma de sistema *etch-and-rinse* de dois passos, de *self-etch* de um passo ou *self-etch* precedido por condicionamento seletivo do esmalte (Oliveira e Chasqueira, 2013), a qual combina as vantagens da técnica *etch-and-rinse* no esmalte com a abordagem *self-etch* simplificada na dentina (Marchesi et al., 2014). Na maior parte destes sistemas, ditos universais, os monómeros de metacrilato são parcialmente substituídos por monómeros fosfatados como o MDP (monómero metacrilo-decilo fosfato), o qual promove adesão química entre o adesivo e o substrato (Yoshida et al., 2012). Esta interação química entre o MDP e a hidroxiapatite forma uma nanocamada estável que aumenta a resistência mecânica da interface adesiva essencial para a estabilidade e durabilidade da adesão (De Munck et al., 2005; Peumans et al., 2010).

Os sistemas adesivos *etch-and-rinse* de dois passos e *self-etch* de um passo possuem uma maior quantidade de monómeros hidrofílicos e não contemplam uma camada de resina hidrófoba sobre a camada híbrida (Yiu et al., 2004).

Estes monómeros hidrofílicos como o HEMA (2-hidroxietil metacrilato) apesar de melhorarem o molhamento e a difusão do adesivo na dentina (Tay e Pashley, 2003a) são menos estáveis hidroliticamente (Yiu et al., 2004) pois tendem a agrupar-se antes da

polimerização criando domínios hidrofílicos (Eliades et al., 2001; Spencer e Wang, 2002) que microscopicamente são representados por canais de água designados, "árvores de água" (Tay et al., 2002a; Ferrari e Tay, 2003). Estes domínios aumentam a permeabilidade na interface resina-dentina (Chersoni et al., 2004a) e consequentemente aumentam a sua suscetibilidade à degradação através da hidrólise da resina (Hashimoto et al., 2002; De Munck et al., 2003) e de enzimas que degradam o colagénio (Hashimoto et al., 2003; Pashley et al., 2004). Este facto poderá levar a um comprometimento da adesão (Tay et al., 2001) reduzindo a durabilidade adesiva (Hashimoto et al., 2002; De Munck et al., 2003).

Por outro lado, a água pode persistir dentro da camada adesiva após a evaporação do solvente (Yiu et al., 2005) permeando a interface do adesivo a partir do exterior, da margem da restauração (Tay et al., 2002b) ou a partir do substrato dentinário (Hashimoto et al., 2004) uma vez que existe um gradiente de pressão pulpar nos túbulos (Mjör, 2009) resultante da pressão vascular (Ciucchi et al., 1995).

Em dentes vitais sujeitos a pressões pulpares positivas, a transudação do fluído dentinário através dos túbulos (Itthagarun e Tay, 2000) é uma das fontes de humidade da dentina interferindo com a polimerização do adesivo (Moll et al., 2005). Para a maioria dos adesivos, há uma diminuição das forças de adesão quando esta pressão pulpar é aplicada (Prati et al., 1991; Tao et al., 1991; Prati e Pashley, 1992; Nikaido et al., 1995).

A permeação de água na interface resina-dentina resulta na expressão de gotas de água, sobre as superfícies adesivas polimerizadas (Tay et al., 2002a; Chersoni et al., 2004b; Sauro et al., 2007), as quais foram detetadas em réplicas sobre a dentina coberta com adesivo e observadas ao microscópio eletrónico de varrimento (Chersoni et al., 2004b).

A facilidade com que o fluído passa através de uma unidade de superfície, sob uma pressão, por unidade de tempo é expressa pela condutividade hidráulica (Pashley, 1990). Estudos quantitativos da permeabilidade dentinária (condutância hidráulica) podem ser realizados medindo a difusão de solutos radioativos (Pashley et al., 1981a) ou o movimento do fluído através da dentina (Reeder et al., 1978). A pressão pulpar nos dentes vitais é variável em situações clínicas e fisiológicas diferentes. Esta aumenta com o aumento da pressão arterial sistémica e local, e diminui com a diminuição da pressão sanguínea local, devido a anestésicos locais com vasoconstritor (Van Hassel, 1971; Oliveira et al., 2003; Oskoe et al., 2009). Por outro lado a permeabilidade dentinária

difere consoante os grupos etários (Mjör et al., 2001) devido a alterações pós-eruptivas resultantes da idade e de estímulos funcionais, bem como em consequência de processos patológicos, como a cárie (Mjör, 2009).

A permeabilidade da dentina também não é uniforme em toda a extensão de um dente. A densidade dos túbulos é maior perto da polpa do que na periferia resultando em diferenças estruturais neste tecido que influenciam a permeabilidade do mesmo (Mjör e Nordahl, 1996). Assim, os fatores que controlam a permeabilidade dentinária são: a área de superfície de difusão dentinária (resultado do número e diâmetro dos túbulos), a espessura da dentina, a temperatura, a proximidade com a polpa e o tamanho, carga, concentração e solubilidade das espécies de difusão (Outhwaite et al., 1976).

Durante a preparação da cavidade com técnicas convencionais, uma camada de *smear-layer* é formada (Tay et al., 2000). Sistemas adesivos que removem a *smear-layer* com condicionamento ácido, permitem um aumento na taxa de penetração de fluídos através da dentina para a superfície adesiva (Boyer, 1981; Braännstrom, 1984). A *smear-layer* é intrinsecamente fraca e limita a força de adesão (Pashley, 1991a), no entanto é bastante eficaz na redução da pressão hidrostática (Cardoso et al., 2008) diminuindo a permeabilidade dentinária (Pashley et al., 1981b; Pashley e Depew, 1986; Hashimoto et al., 2004; Hashimoto et al., 2006).

A permeabilidade é também diminuída pela aplicação de uma camada adicional de resina hidrófoba (King, 2005) que aumenta a concentração de monómeros hidrófobos dentro da camada hidrofílica, reduzindo a sua afinidade para a água e melhorando as suas propriedades físicas (Van Landuyt, 2006). O uso dessa camada adicional permitiu um aumento da força de resistência adesiva entre a dentina e a resina dos adesivos universais quando usados como *self-etch*, e melhorou o grau de conversão da camada híbrida tanto na versão *self-etch* como *etch-and-rinse*. Quanto à redução da nanoinfiltração, parece que esta está mais dependente da composição do adesivo do que da estratégia usada (*self-etch* ou *etch-and-rinse*) (Muñoz et al., 2014).

Ainda existe pouca informação acerca da performance dos adesivos universais, mas o facto de favorecerem uma adesão química ao tecido dentário levanta questões importantes como, por exemplo, se com estes sistemas a permeabilidade dentinária é menor do que com os sistemas adesivos não universais, e se a aplicação de uma camada de resina hidrófoba altera da mesma forma a permeabilidade dentinária dos diferentes sistemas adesivos atuais.

2 – Objetivos

Este estudo tem como objetivo quantificar a permeabilidade dentinária dos sistemas adesivos utilizados atualmente e analisar a influência de uma camada de resina hidrófoba na permeabilidade dentinária após a aplicação desses sistemas adesivos. Este objetivo geral foi concretizado nos seguintes objetivos específicos:

1. Comparar os valores médios de permeabilidade entre espécimes tratados com sistemas adesivos *self-etch* e os tratados com sistemas adesivos *etch-and-rinse*, de acordo com as seguintes hipóteses:

H₀: A permeabilidade dentinária é igual com os sistemas *self-etch* e com os sistemas *etch-and-rinse*.

H₁: A permeabilidade dentinária com os sistemas *self-etch* é diferente da medida com os sistemas *etch-and-rinse*.

2. Comparar os valores médios de permeabilidade entre sistemas adesivos universais e sistemas adesivos não universais, de acordo com as seguintes hipóteses:

H₀: A permeabilidade dentinária não é diferente com os sistemas adesivos universais relativamente à permeabilidade dentinária com os sistemas adesivos não universais

H₁: A permeabilidade dentinária é diferente com os sistemas adesivos universais relativamente à permeabilidade dentinária com os sistemas adesivos não universais.

3. Comparar os valores médios de permeabilidade com os diferentes grupos de sistemas adesivos em estudo, após aplicação de uma camada de resina hidrófoba, de acordo com as seguintes hipóteses:

H₀: A permeabilidade dentinária dos grupos em estudo não é alterada após a aplicação de uma camada de resina hidrófoba.

H₁: A permeabilidade dentinária dos grupos em estudo é alterada após a aplicação de uma camada de resina hidrófoba.

4. Comparar os valores médios de permeabilidade com os diferentes grupos de adesivos em estudo, após aplicação de uma camada de resina hidrófoba, de acordo com as seguintes hipóteses:

H_0 : A permeabilidade dentinária é influenciada de igual forma com os adesivos em estudo após a aplicação de uma camada de resina hidrófoba.

H_1 : A permeabilidade dentinária é influenciada de forma diferente com os adesivos em estudo após a aplicação de uma camada de resina hidrófoba.

3 – Materiais e Métodos

3.1. Delineamento experimental

De acordo com os objetivos propostos neste trabalho a permeabilidade dentinária dos sistemas adesivos estudados foi comparada utilizando um dispositivo de simulação de pressão pulpar.

Em cada grupo, os espécimes foram submetidos a pressão pulpar com a subsequente aplicação do sistema adesivo correspondente e medição da permeabilidade. Seguidamente, foi aplicada em cada espécime uma camada de resina hidrófoba sobre a camada de adesivo e foi feita nova medição da permeabilidade, de forma a estudar o efeito de uma camada adicional de resina hidrófoba na permeabilidade dentinária, criando-se assim um subgrupo para cada sistema adesivo.

Para caracterizar a permeabilidade dentinária foram efetuadas réplicas da superfície de cada espécime, após medição da permeabilidade, que foram visualizadas no microscópio eletrónico de varrimento (SEM).

3.2. Materiais utilizados

Para este estudo foram utilizados três sistemas adesivos: Futurabond U Single Dose, usado como *self-etch* e como *etch-and-rinse* de dois passos; Scotchbond 1XT^{Adper™} e o Easybond^{Adper™} (Tabela 1).

Como camada de resina hidrófoba foi usado o terceiro passo do sistema adesivo Adper[™] Scotchbond[™] Multi-Purpose (Tabela 1).

As réplicas negativas da superfície dentinária foram realizadas com um polivinilsiloxano (Turboflex High Precision), que foi reproduzido com um poliéter (Impregum[™] Soft, 3ESPE) para realização das réplicas positivas (Tabela 1).

Foi utilizado um fotopolimerizador de díodos emissores de luz (LED) Ortholux[™] LED Curing Light (3M Unitek; nº série.: 939830002571; Seefeld; Alemanha). A intensidade de luz emitida foi verificada imediatamente antes da fotopolimerização de cada grupo experimental durante 10 segundos com um radiómetro Bluephase® meter (Ivoclar Vivadent; nº série.: 001390; Schann; Liechtenstein) sendo a intensidade de 800 mW/cm².

Material	Composição	Modo de aplicação
EasyBond (3M ESPE, Alemanha) Lote: 453793 Validade: 10/2013	Bis-GMA, HEMA, ésteres fosfóricos metacrilados, 1,6 dimetacrilato hexanediol, metacrilatos funcionalizados, ácido polialquênico, carga de sílica finamente dispersa com 7 nm, etanol, água, iniciadores de canforoquinona e estabilizadores.	Aplicar o adesivo 20 segundos; Secar 5 segundos; Fotopolimerizar 10 segundos.
Scotchbond 1XT (3M ESPE, EUA) Lote: N286534 Validade: 06/2014	Bis-GMA, HEMA, dimetacrilatos, etanol, água, fotoiniciador, copolímero funcional de metacrilato de ácidos poliacrílico e polialquênico, partículas esféricas de sílica com 5 nm de diâmetro.	Ácido fosfórico a 35% na superfície dentária 15 segundos; Lavar 10 segundos; Secar com <i>pellet</i> de algodão; Aplicar o adesivo 15 segundos; Secar 5 segundos; Fotopolimerizar 10 segundos.
Futurabond U Singledose (VOCO, Alemanha) Lote: 1308456 Validade: 05/2014	2-hidroxietil metacrilato, Bis-GMA, HEDMA, monômero adesivo ácido, Uretano Dimetacrilato, catalisador, etanol, iniciador.	Self-etch: Aplicar o adesivo 20 segundos; Secar 5 segundos; Fotopolimerizar 10 segundos. Etch-and-Rinse: Ácido fosfórico a 35% na superfície dentária 15 segundos; Lavar 10 segundos; Secar com <i>pellet</i> de algodão; Aplicar o adesivo 20 segundos; Secar 5 segundos; Fotopolimerizar 10 segundos.
Unitek™ Etching Gel 35% (3M Unitek, EUA) Lote: N300404 Validade: 07/2014	Água (55-65%); ácido fosfórico (30-40%); espessante de sílica (5-10%).	
Adper™ Scotchbond™ Multi-purpose (3M ESPE, EUA) Lote: N254988 Validade: 03/2014	3º Passo - camada hidrófoba: BISGMA (60-70%), HEMA [(30-40%), trifenílantimônio (<0,5%)].	Aplicar adesivo na superfície preparada; Remover excessos com <i>microbrush</i> ; Fotopolimerizar 10 segundos.
Turboflex High Precision (R&S; Tremblay-en-France; França) Lote: 177711 Validade: 10-2016	Polivinissiloxano.	Premir o gatilho da pistola para misturar as duas partes; Inserir a mistura do catalisador e da base sobre a superfície oclusal do espécime; tempo de presa 5:30 min.
Impregum™ Soft Polyether Tray Impression Material (3M ESPE, EUA) Lote: 531285 Validade: 09/2016	Base: macromônômeros de poliéter, partículas de carga, plastificantes, pigmentos, aroma de hortelã-pimenta, triglicéridos, estabilizador, acelerador. Catalisador: iniciador, partículas de carga, plastificantes.	Premir o gatilho da pistola para misturar os dois componentes; Inserir a mistura do catalisador e da base sobre a superfície oclusal do espécime; tempo de presa 5:30 min.

Tabela 1: Composição e modo de aplicação dos materiais utilizados.

3.3. Amostra

Uma amostra de 46 dentes molares humanos, sem restaurações ou lesões de cárie foram usados para este estudo. Antes da sua preparação os dentes foram aleatoriamente selecionados de um grupo de dentes armazenados em Cloramina T 0,5% a 4°C.

3.4. Preparação dos espécimes

Os dentes foram seccionados, com um disco de diamante a baixa rotação (Struers Accutam-2; nº série.: 270953), paralelamente à superfície oclusal. O primeiro corte foi feito 1mm abaixo da junção amelo-cementaria (CEJ) para remoção das raízes e o segundo corte feito paralelamente ao primeiro, 1,5mm acima da CEJ, para expor a dentina (Hashimoto et al., 2004; Sauro et al., 2007) (Figura 1 – A).

Após remoção da polpa a espessura final do disco de dentina, desde o corno pulpar até à superfície oclusal, foi medida com um paquímetro tipo garra. A superfície oclusal foi polida com lixa Buehler (ref.:30-5218 - grão 600) até se obter a espessura de cerca de 2mm (Pashley et al., 1978) (Figura 1 – B).

Cada espécime foi colado, com adesivo de cianoacrilato (Loctite Super Cola 3, Henkel; ref.: 1108729; lote nº.: 7613424/1; Alverca; Portugal), a uma placa de acrílico (2cmx2cmx0,5cm) com uma agulha de 18G que tem como função ligar a câmara pulpar ao sistema hidráulico (Sauro et al., 2007) (Figura 1 – C).

A superfície oclusal de cada espécime foi polida com lixa (Buehler, ref.:305218 – grão 320) para criar uma *smear-layer* normalizada, imediatamente antes de se iniciar o ensaio de permeabilidade (Figura 1 – D).

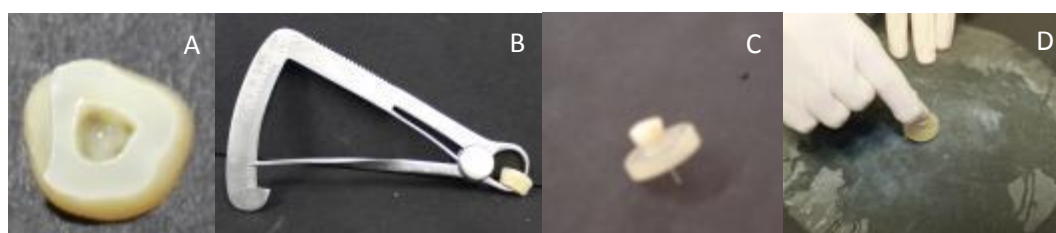


Figura 1. A – Espécime de dentina cortado. B – Confirmação de 2mm de espessura através da medição com paquímetro. C – Espécime colado com adesivo de cianoacrilato a uma placa de suporte. D – Polimento com lixa para criar *smear-layer* normalizada.

Os espécimes assim preparados foram aleatoriamente divididos pelos 4 grupos de estudo (n=10), sendo os restantes 6 espécimes utilizados para elaboração de réplicas da superfície, posteriormente visualizadas no SEM.

3.5. Ensaio de Permeabilidade

Cada espécime na sua placa de suporte foi ligado a um sistema de pressão hidráulico com 77 cmH₂O (Brown e Yankowitz, 1964) (Figura 2 – A).

Para avaliar a filtração máxima de cada espécime, a qual é definida como 100% da permeabilidade, a *smear-layer* foi removida com ácido ortofosfórico 35% UnitekTM Etching Gel, aplicado durante 15 segundos com pressão de 0 cmH₂O e a superfície foi lavada com água destilada durante 5 segundos (Hashimoto et al., 2004) (Figura 2 – B).

Uma bolha de ar foi introduzida no sistema e levada até à zona do capilar de vidro, com 0,7mm de diâmetro, que se encontra sobre uma escala milimétrica entre o reservatório de pressão e o disco de dentina (Sauro et al., 2007) (Figura 2 – C).

A medição da movimentação do fluído através da dentina para estudo da permeabilidade dentinária foi realizada de acordo com o protocolo de condutância hidráulica reportado por Pashley e Depew em 1986.

O cálculo da condutância hidráulica (L_p) da dentina foi baseado na equação que se segue:

$$L_p = \frac{J_v}{A \Delta P t}$$

(Outhwaite et al., 1974)

Onde L_p representa a condutância hidráulica ($\mu\text{L cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm H}_2\text{O}^{-1}$); J_v representa o movimento do fluído (μL); A a área de superfície dentinária (cm^2 (1cm^2)); ΔP o gradiente de pressão hidrostática (cmH_2O) e t o tempo (min).

Assim, o movimento do fluído foi calculado a partir do deslocamento, em mm, da bolha, por minuto ($1\text{mm}^3=1\mu\text{L}$), sendo que o deslocamento linear da bolha foi convertido para volume de líquido deslocado expresso em $\mu\text{L cm}^{-2} \text{min}^{-1} \text{cmH}_2\text{O}^{-1}$.

Foram realizadas três medições da movimentação do fluído ($\mu\text{L}/\text{min}^{-1}$) em cada espécime, medindo o deslocamento da bolha de ar, tendo em conta a sua posição inicial e final após 10 minutos (Hashimoto et al., 2004).

Após esta medição a *smear-layer* foi novamente recriada com lixa (Buehler, ref.:305218 – grão 320) na superfície oclusal do espécime (Figura 2 – D) e o adesivo foi aplicado de acordo com as recomendações do fabricante (Tabela 1) e com o grupo em estudo (Tabela 2), realizando-se três medições da movimentação do fluído em cada espécime, de acordo com os parâmetros já descritos anteriormente.

Medições de permeabilidade \ Sistema adesivo	Futurabond U (<i>Self-etch</i>)	Futurabond U (<i>Etch-rinse</i>)	Easybond (<i>Self-etch</i>)	Scotchbond 1XT (<i>Etch-rinse</i>)
Após aplicação do sistema adesivo	FSEA	FERA	EA	SA
Após aplicação da camada hidrófoba	FSECH	FERCH	ECH	SCH
n	10	10	10	10

Tabela 2: Grupos de estudo de acordo com os sistemas adesivos usados (grupos) e com a aplicação ou não de camada de resina hidrófoba (subgrupos).

A percentagem de permeabilidade dentinária de cada espécime após o adesivo foi calculada pela seguinte fórmula:

$$%P = \frac{\text{taxa de movimento de fluído na dentina após adesivo}}{\text{taxa de movimento de fluído na dentina após ácido ortofosfórico}} \times 100$$

(Sauro et al., 2007)

Após a aplicação do adesivo foi aplicada uma camada de resina hidrófoba sobre a superfície oclusal do espécime, (Figura 2 – E) criando-se assim dois subgrupos de estudo (subgrupo 1 – só com adesivo; subgrupo 2 – adesivo e camada hidrófoba). Seguidamente foram realizadas mais três medições da movimentação do fluído em cada espécime, de acordo com os parâmetros já descritos anteriormente.

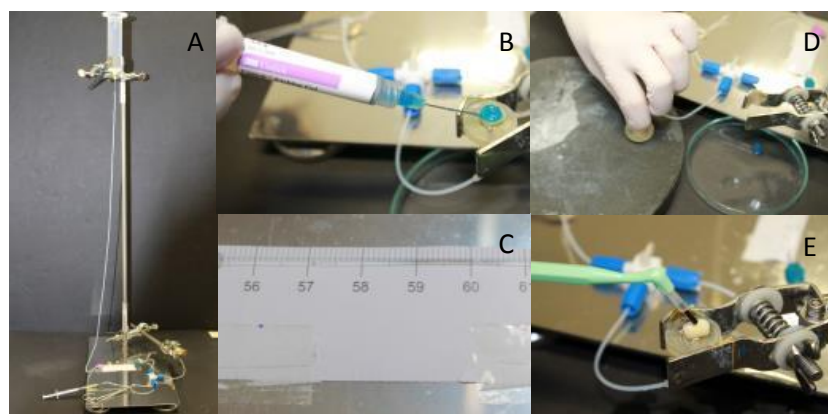


Figura 2. **A** – Sistema de pressão hidráulico a 77 cmH₂O. **B** – Aplicação de ácido ortofosfórico a 35%. **C** – Escala milimétrica entre o reservatório de pressão e o disco de dentina e através da qual se mediu o deslocamento da água. **D** – Formação de *smear-layer* normalizada através de polimento com lixa. **E** – Aplicação da camada de resina hidrófoba sobre o adesivo.

3.6. Caracterização morfológica da superfície oclusal

De forma a caracterizar morfológicamente a superfície dentinária dos espécimes submetidos a pressão pulpar, foi realizada uma réplica da superfície oclusal de um espécime de cada grupo em estudo. Esse espécime foi selecionado aleatoriamente após as medições de permeabilidade com camada de resina hidrófoba.

Uma vez que após a medição da permeabilidade dentinária com o sistema adesivo foi colocada a camada de resina hidrófoba e medida a permeabilidade, de forma a não alterar os resultados do estudo, não foi possível efetuar a impressão sobre o adesivo nestes espécimes. Assim foram utilizados 4 espécimes suplementares submetidos às mesmas condições que os espécimes em estudo em cada grupo, mas não foram feitas medições de permeabilidade e foram feitas impressões da superfície coberta com adesivo após terem sido submetidos a 30 minutos de pressão pulpar. Outros 2 espécimes de dentina foram utilizados para fazer réplicas da superfície oclusal com *smear-layer* e com ataque ácido após decorridos 30 minutos de pressão pulpar.

As réplicas negativas da superfície oclusal dos espécimes, foram efetuadas com material de impressão do tipo polivinilsiloxano. Seguidamente usando as réplicas negativas como molde foram obtidas réplicas positivas utilizando um material de impressão do tipo poliéter (Sauro et al., 2007). Obtiveram-se 10 réplicas no total.

Todas as réplicas foram metalizadas durante 360 segundos numa metalizadora com alvo de ouro-paládio (Jeol JFC-1100E) e visualizadas no microscópio eletrónico de varrimento (SEM, Hitachi S-450) (Chersoni et al., 2004b).

Em cada réplica foram tiradas 8 fotografias com uma ampliação de 30X de forma a reconstruir a totalidade da superfície oclusal (fig.3) e foram tiradas 3 fotografias a uma ampliação de 500X das zonas com permeabilidade e 1 fotografia com a mesma ampliação da zona sem permeabilidade.

3.7. Análise Estatística

Os dados obtidos foram inseridos numa base de dados (Excel; Microsoft Office) e analisados estatisticamente com o programa SPSS®, versão 21.0 (SPSS Inc. Chicago, IL 60606, EUA). Inicialmente foi efetuada a análise estatística descritiva dos valores de permeabilidade após aplicação do adesivo e após aplicação da camada de resina hidrófoba. Para cada grupo experimental foi calculada a média dos valores de permeabilidade e o desvio padrão (Tabela A.1). Uma vez que os dados são em percentagens, de forma a viabilizar a utilização de testes paramétricos foi utilizada uma

transformação de arcoseno (Trikalinos et al., 2013). Foram usados testes de Kolmogorov-Smirnov para avaliar a normalidade da distribuição dos valores e o de Levene para analisar a homogeneidade das variâncias de forma a avaliar a possibilidade de utilização de testes paramétricos (Tabela A.2 e A.3). O teste paramétrico de Student's t-test foi usado para avaliar as diferenças de permeabilidade antes e após a aplicação da camada de resina hidrófoba (Tabela A.4). De forma a comparar a permeabilidade medida com os diferentes sistemas adesivos estudados foi utilizada uma MANOVA de uma dimensão e duas variáveis dependentes (permeabilidade após adesivo e permeabilidade após camada de resina hidrófoba) (Tabela A.5), e *post-hoc* de Tukey (Tabela A.6). O nível de significância estatística foi fixado em 5%.

4 – Resultados

4.1. Permeabilidade dentinária

Para cada grupo experimental foi calculada a média e o desvio padrão (Tabela 3 e A.1).

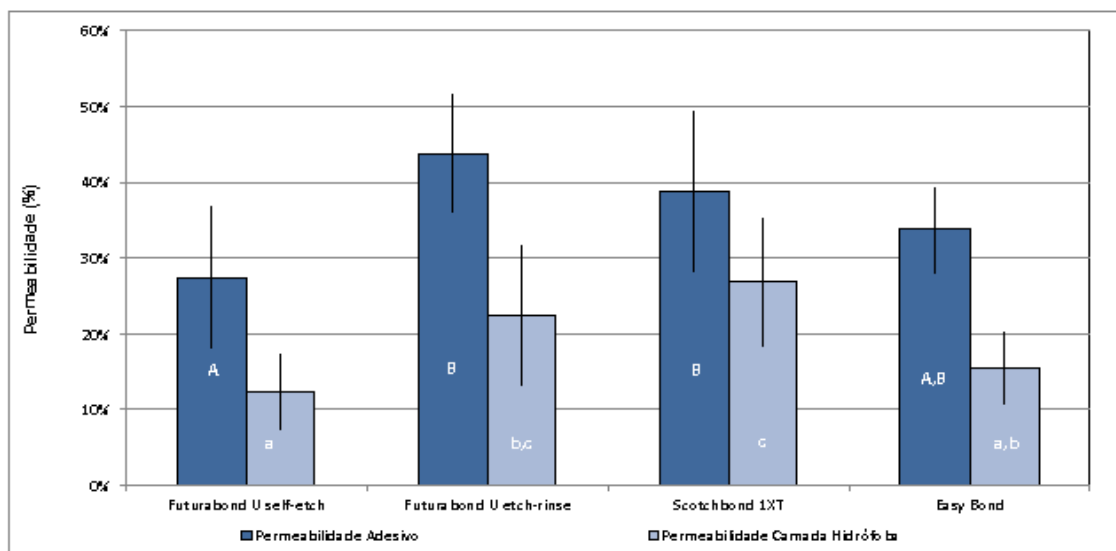


Tabela 3: Valores médios (desvio padrão) de permeabilidade dentinária, para os vários grupos de adesivo em estudo antes e após da aplicação de camada de resina hidrófoba (n=9); letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas.

Foram verificados os pressupostos da normalidade da distribuição de valores (Tabela A.2) e da homogeneidade de variâncias (Tabela A.3). Com o Student's t-teste verificou-se que a permeabilidade dentinária diminuiu após a aplicação da camada de resina hidrófoba ($p < 0,05$) (Tabela A.4) tendo essa diminuição sido menor no grupo com Scotchbond 1XT. Foram também encontradas diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) na permeabilidade dos sistemas adesivos testados após a aplicação do sistema adesivo e após a aplicação da camada de resina hidrófoba (Tabela A.5).

As comparações múltiplas segundo o método de Tukey (Tabela A.6) revelaram que a permeabilidade foi significativamente menor no grupo com o Futurabond U *self-etch* do que nos grupos com os sistemas adesivos *etch-and-rinse* ($p < 0,05$), tanto após a aplicação do adesivo como após a aplicação da camada de resina hidrófoba (Tabela 3 e Tabela A.6). Após a aplicação da camada de resina hidrófoba, no grupo com Scotchbond 1XT, os valores de permeabilidade foram mais elevados comparando com os grupos com Easybond e Futurabond U *self-etch* ($p < 0,05$). Não foram encontradas outras diferenças estatisticamente significativas (Tabela 3 e Tabela A.6).

4.2. Caracterização morfológica da superfície oclusal

Na réplica obtida através da impressão positiva com poliéter da superfície sujeita a condicionamento ácido verificou-se a presença de zonas de permeabilidade com transudação de gotículas de fluido dentinário representadas por elevações globulares. A uniformidade de toda a superfície, representa a homogeneidade de permeabilidade dentinária neste grupo (Figura 3 – A, B, C). Esta homogeneidade está também presente, em menor grau, na superfície coberta com *smear-layer*, sendo que a maior parte da superfície está coberta por zonas sem permeabilidade representadas pela ausência de elevações globulares (Figura 4 – A, B, C). Após a aplicação de cada um dos adesivos, verificou-se que o Scotchbond 1XT gerou uma superfície com mais zonas de permeabilidade comparativamente com os sistemas *self-etch* estudados (Figura 5, 6, 7, 8 – A). Quando comparadas as imagens após a aplicação da camada de resina hidrófoba verificou-se uma redução significativa nas zonas com permeabilidade para todos os sistemas adesivos (Figura 9, 10, 11, 12 – A). As imagens das zonas de permeabilidade não parecem ser diferentes entre os grupos de adesivos, mas sim entre os subgrupos 1 e 2, em que para os subgrupos 2, nos quais foi aplicada uma camada de resina hidrófoba, apesar de estarem catalogadas como zonas de permeabilidade as superfícies não parecem ter as mesmas formações globulares mas sim uma heterogeneidade maior relativamente às catalogadas como zonas de não permeabilidade (Figura 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 – B, C).

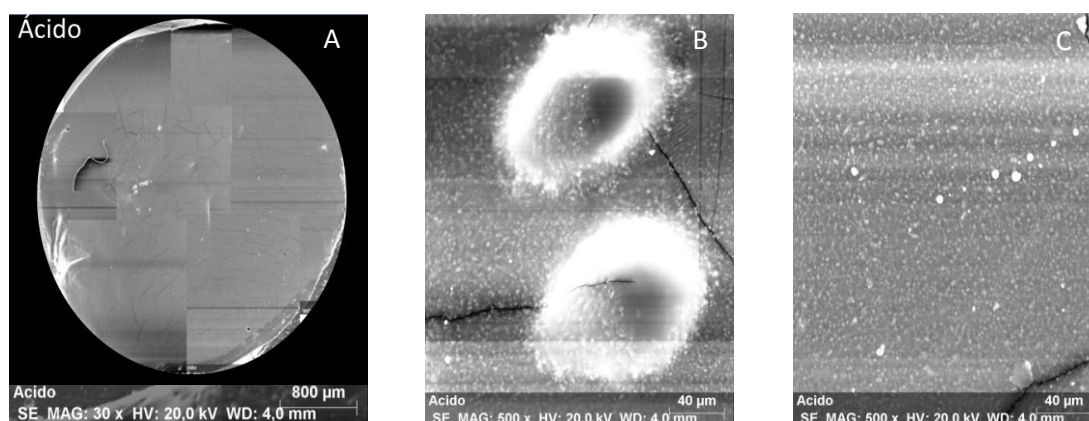


Figura 3. A – Montagem das imagens de SEM (30X) de uma réplica da superfície de dentina condicionada com ácido. B e C – Imagens de SEM (500X) de zonas de permeabilidade identificadas por elevações globulares.

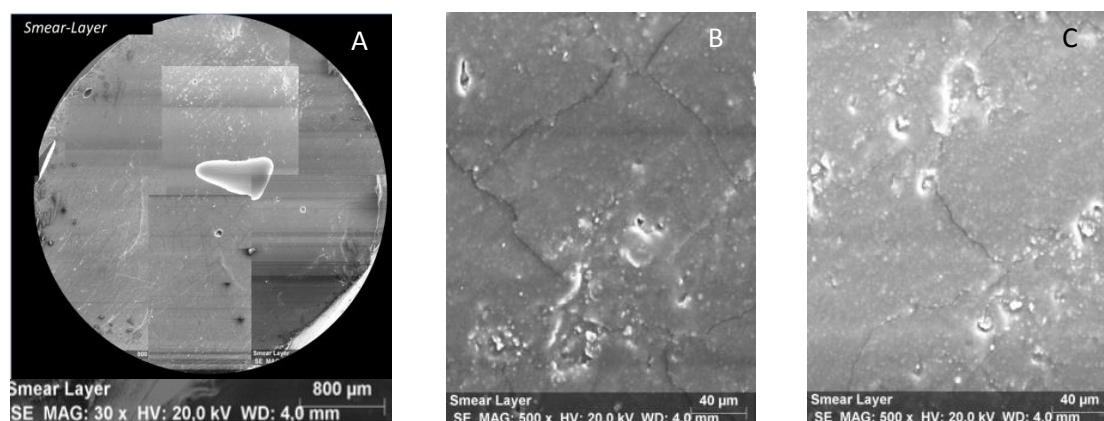


Figura 4. A – Montagem das imagens de SEM (30X) de uma réplica da superfície de dentina coberta com *smear-layer*. B e C – Imagens de SEM (500X) de zonas de não permeabilidade identificadas pela ausência de elevações globulares.

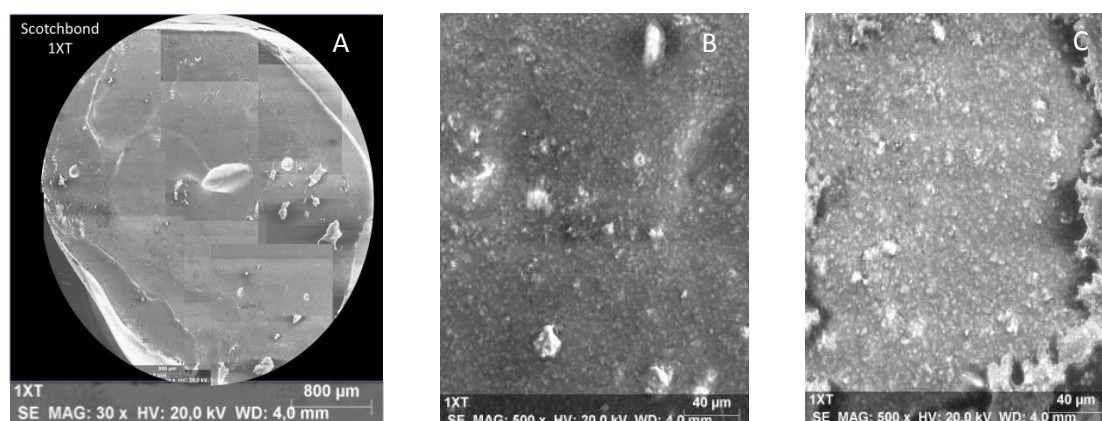


Figura 5. A – Montagem das imagens de SEM (30X) de uma réplica da superfície de dentina após aplicação de adesivo Scotchbond 1XT. B – Zona de não permeabilidade. C – Zona de permeabilidade. B e C – Imagens de SEM (500X).

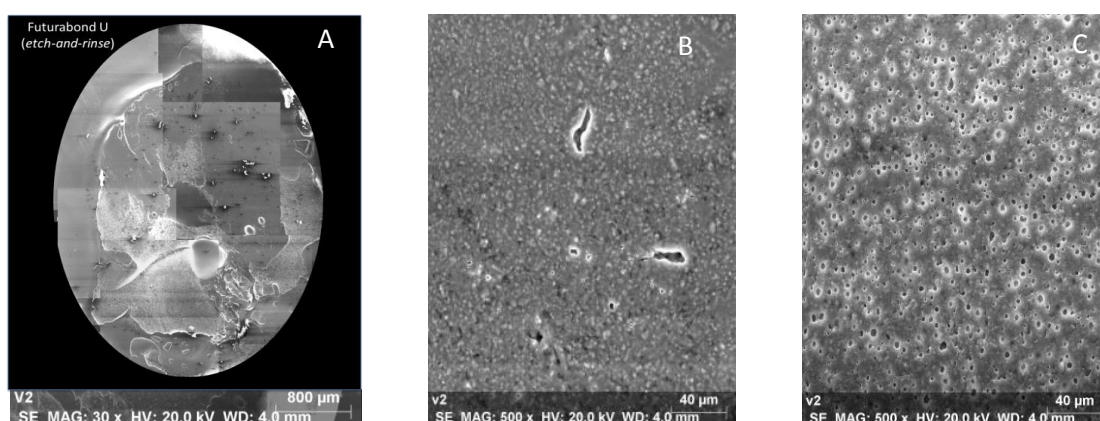


Figura 6. A – Montagem das imagens de SEM (30X) de uma réplica da superfície de dentina após aplicação de adesivo Futurabond U (*etch-and-rinse*). B – Zona de não permeabilidade identificada pela ausência de elevações globulares. C – Zona de permeabilidade. B e C – Imagens de SEM (500X).

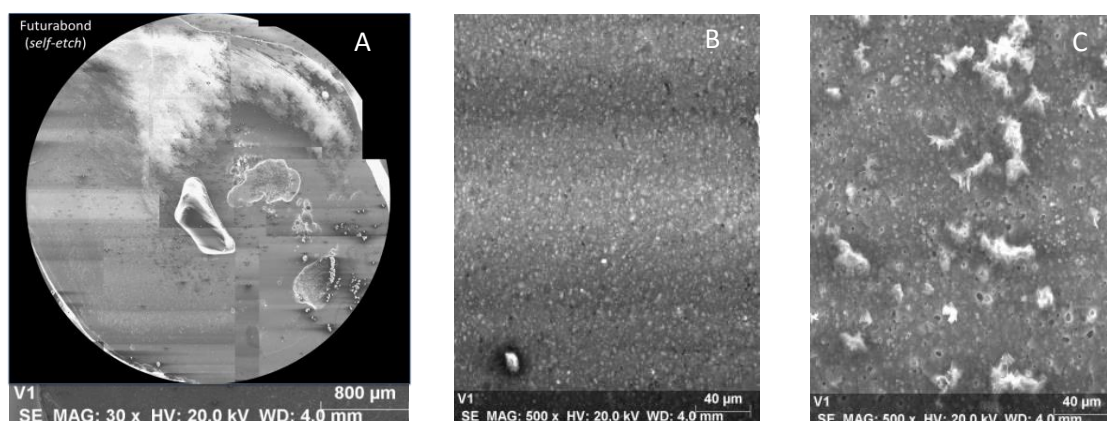


Figura 7. A – Montagem das imagens de SEM (30X) de uma réplica da superfície de dentina após aplicação de adesivo Futurabond U (*self-etch*). B – Zona de não permeabilidade identificada pela ausência de elevações globulares. C – Zona de permeabilidade identificada por elevações globulares. B e C – Imagens de SEM (500X).

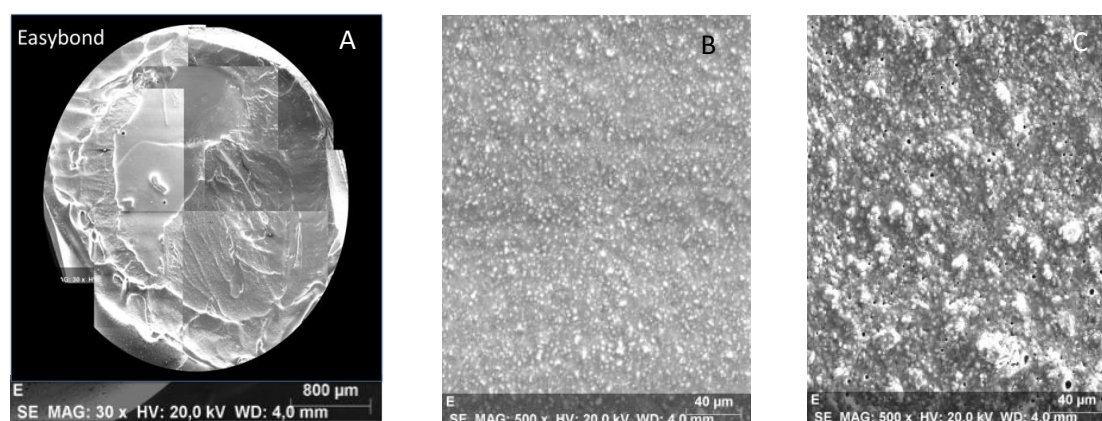


Figura 8. A – Montagem das imagens de SEM (30X) de uma réplica da superfície de dentina após aplicação de adesivo Easybond. B – Zona de não permeabilidade identificada pela ausência de elevações globulares. C – Zona de permeabilidade identificada por elevações globulares. B e C – Imagens de SEM (500X).

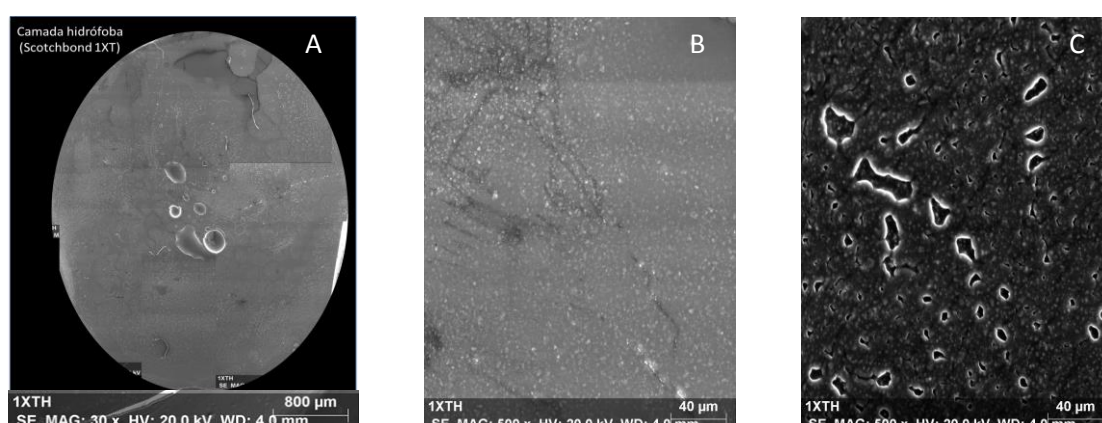


Figura 9. A – Montagem das imagens de SEM (30X) de uma réplica da superfície de dentina após aplicação de camada hidrófoba sobre o adesivo Scotchbond 1XT. B – Zona de não permeabilidade identificada pela ausência de elevações globulares. C – Zona de permeabilidade. B e C – Imagens de SEM (500X).

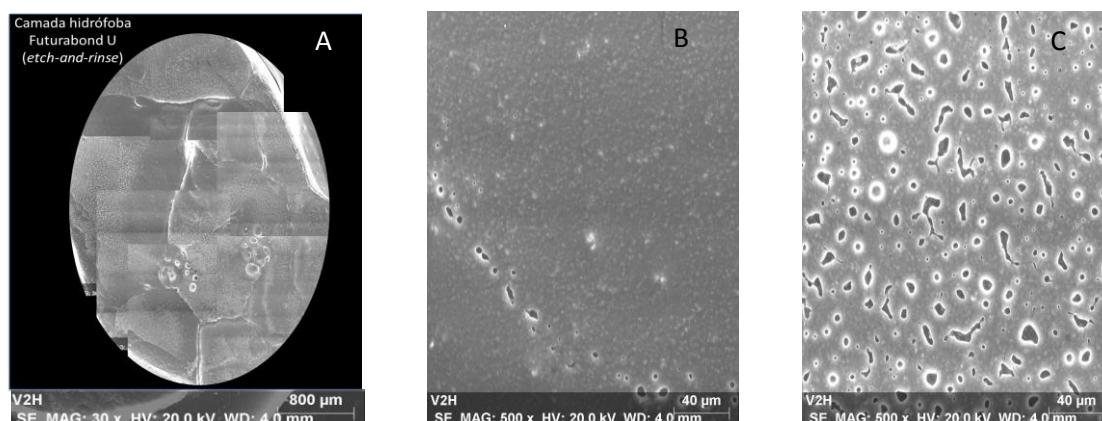


Figura 10. **A** – Montagem das imagens de SEM (30X) de uma réplica da superfície de dentina após aplicação de camada hidrófoba sobre o adesivo Futurabond U (*etch-and-rinse*). **B** – Zona de não permeabilidade identificada pela ausência de elevações globulares. **C** – Zona de permeabilidade. **B e C** – Imagens de SEM (500X).

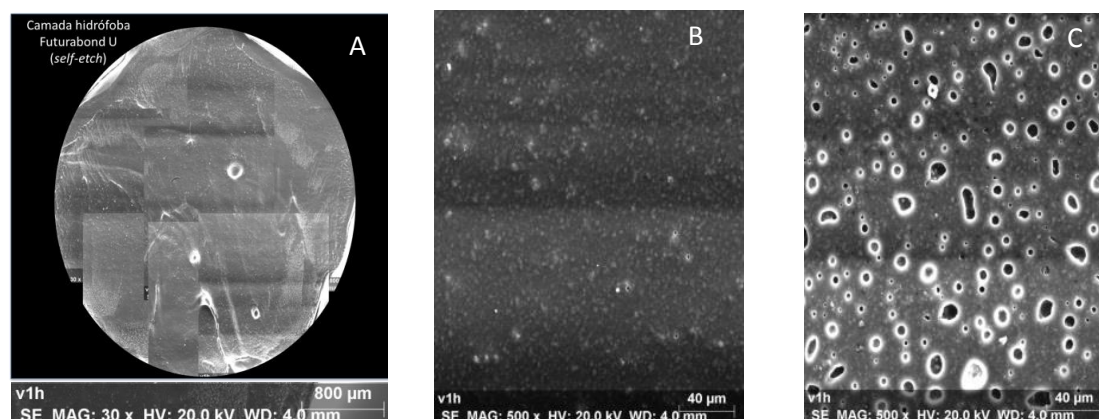


Figura 11. **A** – Montagem das imagens de SEM (30X) de uma réplica da superfície de dentina após aplicação de camada hidrófoba sobre o adesivo Futurabond U (*self-etch*). **B** – Zona de não permeabilidade identificada pela ausência de elevações globulares. **C** – Zona de permeabilidade. **B e C** – Imagens de SEM (500X).

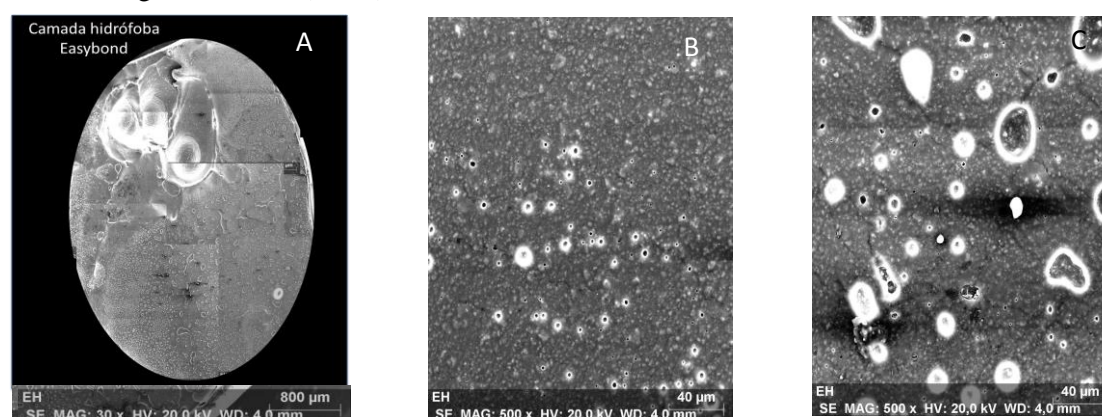


Figura 12. **A** – Montagem das imagens de SEM (30X) de uma réplica da superfície de dentina após aplicação de camada hidrófoba sobre o adesivo Easybond. **B** – Zona de não permeabilidade identificada pela ausência de elevações globulares. **C** – Zona de permeabilidade. **B e C** – Imagens de SEM (500X).

5 – Discussão

A humidade da superfície dentinária, a presença de pressão pulpar e a espessura de dentina são variáveis extremamente importantes durante os procedimentos adesivos, especialmente quando se testa a resistência adesiva dos materiais *in-vitro* com o intuito de simular as condições *in-vivo* (Prati e Pashley, 1992; Pioch et al., 2001). Esses fatores podem reduzir a resistência adesiva das resinas e a longevidade das restaurações (Perdigão, 2002; Toledano et al., 2003).

Vários autores têm utilizado dispositivos de permeabilidade de forma a avaliar a influência da pressão pulpar nos valores de permeabilidade dentinária e a partir daí inferir acerca da eficácia de penetração do sistema adesivo e da durabilidade da união dentina-resina nestas condições (Sauro et al., 2007; Sauro et al., 2008).

Para além dos estudos quantitativos de medição da permeabilidade dentinária, outros estudos, como estudos morfológicos em microscopia eletrónica de varrimento e microscopia eletrónica de transmissão, revelaram a presença de canais de água que permitem o movimento do fluído e de nanoinfiltração na interface resina-dentina (Pioch et al., 2001; Tay e Pashley, 2003a, Tay e Pashley, 2003b). No entanto, tais estudos morfológicos são apenas qualitativos e não fornecem nenhuma informação quantitativa da extensão do movimento da água através da interface resina-dentina (Hashimoto et al., 2004) daí deverem ser complementados com estudos de medição de permeabilidade.

Estudos anteriores de permeabilidade dentinária utilizaram uma amostra de 5 (Ciucchi et al., 1995; Chersoni et al., 2004b) e 8 espécimes (Pashley et al., 1983; Hashimoto et al., 2004). Com o intuito de aumentar a amostra referida nos estudos de avaliação da permeabilidade dentinária, e numa tentativa de reduzir a variabilidade dos resultados, este estudo iniciou-se com um $n=10$. Por dificuldades laboratoriais, nomeadamente, devido à obtenção de cornos pulpares expostos, com permeabilidade excessiva e contaminação da câmara pulpar com a cola de cianoacrilato, estabeleceu-se no final um $n=9$.

No entanto, mesmo com o aumento do número de espécimes, em relação à maioria dos estudos publicados, não foi possível detetar estatisticamente algumas diferenças para as quais se pode observar uma tendência. Uma das possíveis explicações para este facto é a disparidade que existe entre cada dente, nomeadamente na permeabilidade da dentina própria de cada dente e na espessura de dentina. Neste estudo houve uma tentativa de minorar essa disparidade, garantindo que cada espécime tivesse

a mesma espessura de dentina desde o corno pulpar até à superfície dentinária cortada. Assim, para estudos futuros com este dispositivo de permeabilidade, recomenda-se um aumento do *n*, tendo por base os dados deste trabalho, de forma a poder executar uma análise de poder estatístico.

Alguns estudos usam o intervalo de valores de 15 a 20 cmH₂O como valor de pressão pulpar simulada (Ciucchi et al., 1995; Chersoni et al., 2004b; Hashimoto et al., 2004; Cadenaro et al., 2005), que pode ser considerado baixo uma vez que, num estudo efetuado por Brown e Yankowitz, em 1964 o valor médio da pressão pulpar *in-vivo* é de 77 cmH₂O. Assim, neste estudo foi utilizado esse valor, mais elevado.

Por outro lado e contrariamente ao que acontece em alguns estudos de permeabilidade (Pashley et al., 1978; Hashimoto et al., 2004), no estudo laboratorial presente, não foram utilizados ‘O’-rings de silicone para limitar a superfície dentinária de cada disco, uma vez que cada espécime foi usado como seu próprio controlo, situação que é referida em estudos publicados anteriormente (Cadenaro et al., 2005; Sauro et al., 2007). Assim, o controlo positivo que equivale a 100% de permeabilidade foi efetuado com o condicionamento ácido, e os valores seguintes foram sempre uma proporção deste valor. Verificou-se, no ensaio de permeabilidade que quando a *smear-layer* foi realizada após condicionamento ácido houve uma diminuição na permeabilidade dentinária, tal como no estudo realizado por Hashimoto et al., 2004. Está inclusivamente descrito na literatura que 86% da resistência total à movimentação do fluído através da dentina é atribuída à presença do *smear-layer* (Pashley et al., 1978).

No presente estudo, o sistema adesivo Futurabond U *self-etch*, foi o que promoveu os valores de permeabilidade dentinária mais baixos quando submetido a pressão pulpar, enquanto os sistemas adesivos que originaram a maior permeabilidade foram os sistemas *etch-and-rinse* (Futurabond U *etch-and-rinse* e Scotchbond 1XT) obtendo-se neste estudo resultados idênticos a outros estudos já publicados (Rosales-Leal et al., 2007; Sauro et al., 2007; Sauro et al., 2008 e Grégoire et al., 2009). Nomeadamente, no estudo de Sauro et al., em 2008, os sistemas *etch-and-rinse* usados obtiveram os maiores valores de permeabilidade, e especificamente o Scotchbond 1XT foi o adesivo que apresentou a maior permeabilidade. Esta situação pode ser explicada pelo efeito dos sistemas adesivos *etch-and-rinse* na dentina. A abertura completa dos túbulos dentinários quando são usados estes sistemas pode facilitar a movimentação de água a partir da dentina para a interface adesiva (Prati et al., 1995). Por outro lado, estudos anteriores têm demonstrado que com sistemas *etch-and-rinse*, existe

normalmente uma discrepância entre a profundidade de condicionamento ácido e a infiltração de resina, e a água remanescente após o condicionamento ácido pode ser responsável pela polimerização incompleta e eluição dos monómeros do adesivo, o que resulta numa falta de contato entre os *tags* de resina e as paredes dos túbulos. Estes factos podem permitir o movimento do fluído a partir dos túbulos para a interface adesiva (Elgalaid et al., 2004; Grégoire et al., 2009).

Pelo contrário com os adesivos *self-etch* (Tay et al, 2000; Hashimoto et al., 2004), uma vez que estes são aplicados sobre a *smear-layer* e *smear-plugs* há diminuição da permeabilidade transdentinária e da humidade da superfície dentinária (Perdigão et al., 1997). Uma vez que o pH dos sistemas *self-etch* escolhidos para este estudo é igual (2,3) o facto de com o *self-etch* não universal os valores de permeabilidade não serem diferentes do *etch-and-rinse* universal pode dever-se a diferenças na composição dos sistemas adesivos, ou simplesmente a uma incapacidade dos testes estatísticos detetarem estas diferenças, tal como referido anteriormente. Desta forma, a primeira hipótese nula foi rejeitada apenas parcialmente pois só para o sistema adesivo universal no modo *self-etch*, a permeabilidade dentinária não foi igual à medida com os sistemas *etch-and-rinse*.

Verificou-se ainda que quando se observaram as réplicas em SEM, os adesivos *etch-and-rinse* foram os que apresentaram mais zonas de permeabilidade sobre a superfície da amostra, representadas nas imagens em microscopia, por elevações globulares (Figura 5 e 6 – A e C). Da mesma forma a réplica da superfície dentinária após a aplicação do sistema Easybond demonstrou maior permeabilidade do que com o sistema universal Futurabond U no modo *self-etch* (Figura 7 e 8 – A e C). Assim, existe uma relação entre o aumento da permeabilidade na dentina e o aparecimento de bolhas de água na superfície do adesivo polimerizado.

Comparando o sistema adesivo universal usado neste estudo quer na versão *self-etch* quer na versão *etch-and-rinse* com os sistemas adesivos *self-etch* e *etch-and-rinse*, respetivamente, não foram verificadas diferenças significativas nos valores de permeabilidade dentinária. Estes resultados significam que o sistema adesivo universal utilizado não foi capaz de reduzir a permeabilidade dentinária em relação aos sistemas adesivos não universais. Uma vez que, segundo Cadenaro et al., 2005, o aumento da permeabilidade dentinária em alguns sistemas adesivos pode estar associado a um aumento de nanoinfiltração, é importante referir aqui os resultados do estudo de Muñoz et al., 2014, no qual só os sistemas adesivos universais que continham MDP foram

capazes de reduzir a nanoinfiltração. Na composição do adesivo universal utilizado neste estudo, apenas se encontra referida a presença de monómeros adesivos acídicos, não sendo possível saber se existem monómeros de MDP, logo é difícil discutir o facto do adesivo universal não ter resultado em valores de permeabilidade diferentes. Assim, a segunda hipótese nula foi aceite uma vez que a permeabilidade dentinária não foi diferente quando comparado o sistema universal com os não universais.

Um dos métodos utilizados para diminuir a permeabilidade inclui a aplicação de uma camada de resina hidrófoba sobre a superfície do adesivo polimerizado (King et al., 2005) que aumenta a espessura e uniformidade da camada adesiva, e reduz o fluxo de fluído através da interface adesiva, aumentando a conversão de monómeros na camada de adesivo e reduzindo os domínios hidrofílicos (de Andrade e Silva et al., 2009).

No presente estudo laboratorial, após a aplicação da camada de resina hidrófoba houve uma redução significativa nos valores de permeabilidade dentinária para todos os sistemas adesivos utilizados, coincidindo este resultado com as observações das réplicas da superfície dentinária. Desta forma a terceira hipótese nula foi rejeitada uma vez que a permeabilidade dentinária após aplicação de uma camada de resina hidrófoba foi alterada para todos os grupos em estudo.

Comparando os resultados dos testes de Tukey e as réplicas em SEM verificou-se que após a aplicação da camada de resina hidrófoba o grupo em que a permeabilidade foi menos reduzida foi o grupo com o sistema adesivo Scotchbond 1XT. Este efeito é visível, uma vez que antes e após a aplicação de camada de resina hidrófoba, as diferenças de permeabilidade entre sistemas adesivos não são iguais. O aumento da conversão dos monómeros na camada adesiva e a redução dos domínios hidrofílicos que são obtidos à custa da aplicação de uma camada de resina hidrófoba poderá ter tido menos efeito no grupo Scotchbond 1XT. Se a adaptação dos monómeros à dentina for menor com este sistema adesivo, a resina hidrófoba pode não ser suficiente para reduzir da mesma forma a permeabilidade dentinária. Assim, a capacidade de uma camada de resina hidrófoba influenciar a permeabilidade dentinária é variável consoante o adesivo sobre a qual esta é aplicada. Desta forma, a quarta hipótese nula foi rejeitada uma vez que a permeabilidade dentinária não foi alterada de igual forma para os adesivos em estudo após a aplicação da camada de resina hidrófoba. Por conseguinte, e apesar de se verificar que uma camada de resina hidrófoba reduz os valores de permeabilidade, outros fatores, como a retenção de água/solvente, a infiltração incompleta da resina, ou

a presença de inadequadas zonas de polimerização, poderão influenciar a maior ou a menor redução desses valores de permeabilidade (Tay et al., 2002a; Reis et al., 2007).

Apesar de se ter verificado uma relação entre os valores de permeabilidade dentinária e a observação das réplicas da superfície de dentina, tanto com os sistemas adesivos como após a aplicação da camada de resina hidrófoba, é necessário considerar como limitação o facto da observação destas réplicas apresentar um carácter subjetivo uma vez que depende dos critérios usados pelo observador na definição de zonas de permeabilidade e zonas sem permeabilidade, a qual é influenciada pelo número de elevações globulares visíveis na superfície, no entanto esta não se trata de uma avaliação quantitativa. Desta forma, a caracterização da superfície dentinária através de materiais de impressão trata-se de um procedimento que não permite obter dados quantitativos que possam ser alvo de análise e não permite o registo contínuo da superfície, impossibilitando perceber mudanças na mesma ao longo do tempo em que a amostra está sujeita a pressão pulpar.

Para obtenção das réplicas positivas para observação em SEM foi usado um material do tipo poliéter tal como no estudo de Sauro et al., 2007. Segundo este, como não há reação química entre o poliéter e o polivinilsiloxano, usado como material de impressão negativa, esta técnica demonstrou ser uma alternativa aceitável para replicar a transudação de água a partir da camada híbrida para a dentina comparativamente com a técnica que usa a resina epóxi (Tay e Pashley, 2003b; Chersoni et al., 2004b) para obtenção das réplicas positivas, uma vez que esta tende a ser mais demorada. Contudo, o facto de se ter usado um poliéter, que contém partículas de carga para realizar estas impressões, pode justificar as imagens de partículas claras visualizadas no SEM em zonas sem permeabilidade o que dificultou a interpretação das mesmas.

A influência da pressão pulpar na permeabilidade dentinária demonstrou ser um fator crucial nos procedimentos adesivos porque a maioria dos sistemas adesivos atuais depende da infiltração da resina na dentina. Contudo, o efeito a longo prazo na estabilidade da adesão aquando da presença de uma pressão pulpar positiva, carece de evidências e somente alguns estudos *in-vitro* de curto prazo foram realizados até ao momento. Segundo Hosaka et al., 2007 uma tendência para a diminuição da resistência adesiva foi observada sob pressão pulpar simulada. Logo é importante que estudos futuros de resistência adesiva sejam realizados tendo em conta a pressão pulpar de forma a serem mais representativos das condições clínicas.

Portanto, estudos com base na simulação da pressão pulpar são considerados uma abordagem fiável e eficaz para analisar a adesão de resina-dentina numa situação clínica mais relevante (Pashley, 1991b; Perdigão, 2010,). Desta forma, uma fase posterior possível deste trabalho será avaliar a influência da pressão pulpar na resistência adesiva ao longo do tempo dos sistemas adesivos utilizados neste estudo.

6 – Conclusões

Os resultados obtidos neste estudo permitem concluir que:

1. O adesivo universal Futurabond U quando aplicado segundo a estratégia *self-etch* e sujeito a pressão pulpar foi o sistema adesivo que levou a uma menor permeabilidade dentinária.
2. Quando aplicada uma pressão pulpar, a permeabilidade dentinária do adesivo universal usado com o modo *self-etch* foi significativamente menor quando comparada com a permeabilidade do mesmo adesivo no modo *etch-and-rinse*.
3. A utilização de uma camada de resina hidrófoba permitiu a redução dos valores de permeabilidade dentinária em todos os sistemas adesivos usados.
4. O adesivo Futurabond U *self-etch* foi o que obteve valores mais baixos de permeabilidade após a aplicação da camada de resina hidrófoba e o sistema adesivo Scotchbond 1XT foi o que registou a menor descida dos valores de permeabilidade após aplicação da camada de resina hidrófoba.

Referências Bibliográficas

1. Boyer DB, Svare DH. The effect of rotatory instrumentation on the permeability of dentine. *J Dent Res.* 1981;60:966-971.
2. Braännstrom M. Communication between the Oral Cavity and the Dental Pulp Associated with Restorative Treatment. *Oper Dent.* 1984;9:57-68.
3. Brown AC, Yankowitz D. Tooth Pulp Tissue Pressure and Hydraulic Permeability. *Circulation Research.* 1964;15:42-50.
4. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955;34:849-853.
5. Buonocore MG. Adhesives in the prevention of caries. *J Am Dent Assoc.* 1973;87:1000-1005.
6. Cadenaro M, Antonioli F, Sauro S, Tay FR, Di Lenarda R, Prati C, et al. Degree of conversion and permeability of dental adhesives. *Eur J Oral Sci.* 2005;113:525-530.
7. Cardoso MV, Coutinho E, Ermis RB, Poitevin A, Van Landuyt K, De Munck J, et al. Influence of dentin cavity surface finishing on micro-tensile bond strength of adhesives. *Dent Mater.* 2008;24:492-501.
8. Chersoni S, Suppa P, Breschi L, Tay FR, Pashley DH, Prati C. Water movement in the hybrid layer after diferente dentin treatments. *Dent Mater.* 2004a;20:796-803.
9. Chersoni S, Suppa P, Grandini W, Goracci C, Monticelli F, Yiu C, et al. In vivo and in vitro permeability of one-step self-etch adhesives. *J Dent Res.* 2004b;83:459-464.
10. Ciucchi B, Bouillaguet S, Holz J, Pashley DH. Dentinal fluid dynamics in human teeth, in vivo. *J Endod.* 1995;21:191-194.
11. de Andrade e Silva SM, Carrilho MR, Marquezini-Junior L, Garcia FC, Manso AP, Alves MC, et al. Effect of an additional hydrophilic versus hydrophobic coat on the quality of dentinal sealing provided by two-step etch-and-rinse adhesives. *Journal of Applied Oral Science.* 2009;17:184-189.
12. De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inque S, Vargas M, Suzuki K, et al. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res.* 2003;82:136-140.
13. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res.* 2005;84:118-132.

14. Elgalaid TO, Youngson CC, McHugh S, Hall AF, Creanor SL, Foye RH. In vitro dentine permeability: the relative effect of a dentine bonding agent on crown preparations. *J Dent.* 2004;32:423-421.
15. Eliades G, Vougiouklakis G, Palaghias G. Heterogeneous distribution of single-bottle adhesive monomers in the resin-dentin interdiffusion zone. *Dent Mater.* 2001;17:277-283.
16. Ferrari M, Tay FR. Technique sensitivity in bonding to vital, acidetched dentin. *Oper Dent.* 2003;28:3-8.
17. Grégoire G, Guignes P, Nasr K. Effects of dentine moisture on the permeability of total-etch and one-step self-etch adhesives. *J Dent.* 2009;77:691-699.
18. Hanabusa M, Mine A, Kuboki T, Momoi Y, Van Ende A, Van Meerbeek B, et al. Bonding effectiveness of a new 'multi-mode' adhesive to enamel and dentine. *J Dent.* 2012;40:475-484.
19. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin–dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res.* 2000;79:1385-1391.
20. Hashimoto M, Ohno H, Sano H, Tay FR, Kaga M, Kudou Y, et al. Micromorphological changes in resin-dentin bonds after 1 year of water storage. *J Biomed Mater Res.* 2002;63:306-311.
21. Hashimoto M, Tay FR, Ohno O, Sano H, Kaga M, Yiu C, et al. SEM and TEM analysis of water degradation of human dentinal collagen. *J Biomed Mater Res.* 2003;668:289-298.
22. Hashimoto M, Ito S, Tay FR, Svizero NR, Sano H, Kaga M, et al. Fluid movement across the resin–dentin interface during and after bonding. *J Dent Res.* 2004;83:843-848.
23. Hashimoto M, Tay FR, Svizero NR, de Gee AJ, Feilzer AJ, Sano H, Kaga M, Pashley DH. The effects of common errors on sealing ability of total-etch adhesives. *Dent Mater.* 2006;22:560-568.
24. Hosaka K, Nakajima M, Yamauti M, Aksornmuang J, Ikeda M, Foxton RM, et al. Effect of simulated pulpal pressure on all-in-one adhesive bond strengths to dentine. *J Dent.* 2007;35:207-213.
25. Itthagarun A, Tay FR. Self-contamination of deep dentin by dentin fluid. *Am J Dent.* 2000;13:195-200.

26. Kanca J. Improving bond strength through acid etching of dentin and bonding to wet dentin surfaces. *J Am Dent Assoc.* 1992;123:35-43.
27. King NM, Tay FR, Pashley DH, Hashimoto M, Ito S, Brackett WW, et al. Conversion of one-step to two-step self-etch adhesives for improved efficacy and extended application. *Am J Dent.* 2005;18:126-134.
28. Kugel G, Ferrari M. The science of bonding: from first to sixth generation. *The J Am Dent Assoc.* 2000;131(Suppl.):20S-25S.
29. Marchesi G, Frassetto A, Mazzoni A, Apolonio F, Diolosa M, Cadenaro M, et al. Adhesive performance of a multi-mode adhesive system: 1-Year in vitro study. *J Dent.* 2014;42:603-612.
30. Mjör IA, Nordahl I. The density and branching of dentinal tubules in human teeth. *Archs Oral Biol.* 1996;41:401-412.
31. Mjör IA, Smith MR, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *Int Endod J.* 2001;34:346-353.
32. Mjör IA. Dentin Permeability: The Basis for Understanding Pulp Reactions and Adhesive Technology. *Braz Dent J.* 2009;20:3-16.
33. Moll K, Park HJ, Haller B. Effect of simulated pulpal pressure on dentin bond strength of self-etching bonding systems. *Am J Dent.* 2005;18:335-339.
34. Moszner N, Salz U, Zimmermann J. Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives: a systematic review. *Dent Mater.* 2005;21:895-910.
35. Muñoz MA, Sezinando A, Luque-Martinez I, Szesz AL, Reis A, Loguercio AD, et al. Influence of a hydrophobic resin coating on the bonding efficacy of three universal adhesives. *J Dent.* 2014;42:595-602.
36. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res.* 1982;16:265-273.
37. Nakabayashi N, Takarada K. Effect of HEMA on bonding to dentin. *Dent Mater.* 1992;8:125-130.
38. Nakabayashi N. Dental Biomaterials and the healing of dental tissue. *Biomaterials.* 2003;24:2437-2439.
39. Nikaido T, Burrow MF, Tagami J, Takasu. Effect of pulpal pressure on adhesion of resin composite to dentin: bovine sérum versus saline. *Quintessence Int.* 1995;26:221-226.

40. Oliveira SSA, Pugach MK, Hilton JF, Watanabe LG, Marshall SJ, Marshall GW Jr. The influence of the dentin smear layer on adhesion: a self-etching primer vs. a total-etch system. *Dent Mater.* 2003;19:758-767.
41. Oliveira SSA, Marshall SJ, Habelitz S, Gansky SA, Wilson RS, Marshall GW. The effect of a self-etching primer on the continuous demineralization of dentin. *Eur J Oral Sci.* 2004;112:376-383.
42. Oliveira SA, Chasqueira F. Atualidades em adesivos dentinários. *Revista da Ordem dos Médicos Dentistas.* 2013;19:12-18.
43. Oskoe SS, Oskoe PA, Kimyai S, Mohammadi N, Rikhtegaran S. Effect of simulated pulpal pressure on composite bond strength to dentin prepared using Er, Cr: YSGG laser. *African Journal of Biotechnology.* 2009;8:5547-5551.
44. Outhwaite WC, McKenzie D, Pashley D. A versatile splint-chamber device for studying dentin permeability. *J Dent Res.* 1974;53:1503.
45. Outhwaite WC, Livingston MJ, Pashley DH. Effects of changes in surface area, thickness, temperature and post-extraction time on human dentine permeability. *Arch Oral Biol.* 1976;21:599-603.
46. Pashley DH, Livingston MJ, Greenhill JD. Regional resistances to fluid flow in human dentine *in vitro*. *Archs oral Biol.* 1978;23:807-810.
47. Pashley DH, Kehl T, Pashley E, Palmer P. Comparison of in vitro and in vivo Dog Dentin Permeability. *J Dent Res.* 1981a;60:763-768.
48. Pashley DH, Michelich V, Kehl T. Dentin Permeability: effects of Smear Layer Removal. *J Prosthet Dent.* 1981b;46:531-537.
49. Pashley DH, Thompson SM, Stewart FP. Dentin Permeability: Effects of Temperature on Hydraulic Conductance. *J Dent Res.* 1983;62:956-959.
50. Pashley DH, Depew DD. Effects of the Smear Layer, Copalite and Oxalate on Microleakage. *Oper Dent.* 1986;11:95-102.
51. Pashley, DH. Dentine permeability: Theory and practise. In: Spanberg LSW, *Experimental endodontics.* Boca Raton, FL: CRC Press 1990;19-49.
52. Pashley DH. Dentin bonding: an overview of the substrate with respect to adhesive materials. *J Esthet Dent.* 1991a;3:46-50.
53. Pashley DH. In vitro stimulations of in vivo bonding conditions. *Am J Dent.* 1991b;4:237-240.
54. Pashley DH, Matthews WG. The effects of outward forced convective flow on inward diffusion in human dentine in vitro. *Arch Oral Biol.* 1993; 38:577-582.

55. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary selfetching adhesives part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater.* 2001;17:430-444.
56. Pashley DH, Tay FR, Hashimoto M, Breschi L, Carvalho RM, Ito S. Degradation of dentin collagen by host-derived enzymes during aging. *J Dent Res.* 2004;83:216-221.
57. Pioch T, Staehle HJ, Schneider H, Duschner H, Dorfer CE. Effect of intrapulpal pressure simulation in vitro on shear bond strengths and hybrid layer formation. *Am J Dent.* 2001;14:319-323.
58. Perdigão J, Ramos JC, Lambrechts P. In vitro interfacial relationship between human dentin and one-bottle dental adhesives. *Dent Mater.* 1997;13:218-227.
59. Perdigão J, Frankenberger R. Effect of solvent and rewetting time on dentin adhesion. *Quintessence Int.* 2001;32(5):385-390.
60. Perdigão J. Dentin bonding as a function of dentin structure. *Dent Clin N Am.* 2002;6:277-301.
61. Perdigão J, Geraldeli S. Bonding characteristics of self-etching adhesives to intact versus prepared enamel. *J Esthet Restor Dent.* 2003;15:32-41.
62. Perdigão J. Dentin Bonding – variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mater.* 2010;26:24-27.
63. Perdigão J, Sezinando A, Monteiro PC. Laboratory bonding ability of a multi-purpose dentin adhesive. *Am J Dent.* 2012;25:153-158.
64. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: A systematic review of current clinical trials. *Dent Mater.* 2005;21:864-881.
65. Peumans M, De Munck J, Van Landuyt KL, Poitevin A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Eight-year clinical evaluation of a 2-step self-etch adhesive with and without selective enamel etching. *Dent Mater.* 2010;26:1176–1184.
66. Prati C, Pashley DH, Montanari G. Hydrostatic intrapulpal pressure and bond strength of bonding systems. *Dent Mater.* 1991;7:54-58.
67. Prati C, Pashley DH. Dentin wetness, permeability and thickness and bond strength of adhesive systems. *Am J Dent.* 1992;5:33-38.
68. Prati C, Ferrieri P, Galloni C, Mongiorgi R, Davidson CL. Dentine permeability and bond quality as affected by new bonding systems. *J Dent.* 1995;23:217-226.
69. Reeder OW, Walton RE, Livingston MJ, Pashley DH. Dentin Permeability: Determinants of Hydraulic Conductance. *J Dent Res.* 1978;57:187-193.

70. Reis A, Grande RH, Oliveira GM, Lopes GC, Loguercio AD. A 2-year evaluation of moisture on microtensile bond strength and nanoleakage. *Dent Mater.* 2007;23:862-870.
71. Rosales-Leal JI, de la Torre-Moreno FJ, Bravo M. Effect of Pulp Pressure on the Micropermeability and Sealing Ability of Etch & Rinse and Self-etching Adhesives. *Oper Dent.* 2007;32:242-250.
72. Sano H, Shono T, Takatsu T, Hosoda H. Microporous dentin zone beneath resin-impregnated layer. *Oper Dent.* 1994;19:59-64.
73. Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Horner JA, Matthews WG, Pashley DH. Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. *Oper Dent.* 1995;20:18-25.
74. Sauro S, Pashley DH, Montanari M, Chersoni S, Carvalho RM, Toledano M, et al. Effect of simulated pulpal pressure on dentin permeability and adhesion of self-etch adhesives. *Dent Mater.* 2007;23:705-13.
75. Sauro S, Mannocci F, Toledano M, Osorio R, Thompson I, Watson TF. Influence of the hydrostatic pulpal pressure on droplets formation in current etch-and-rinse and self-etch adhesives: A vídeo rate/TSM microscopy and fluid filtration study. *Dent Mater.* 2008;25:1392-1402.
76. Schulze KA, Oliveira SA, Wilson RS, Gansky SA, Marshall GW, Marshall SJ. Effect of hydration variability on hybrid layer properties of a self-etching versus an acid-etching system. *Biomaterials.* 2005;26(9):1011-1018.
77. Spencer P, Wang Y. Adhesive phase separation at the dentin interface under wet bonding conditions. *J Biomed Mater Res.* 2002; 62:447-456.
78. Swift EJ, Perdigão J, Heymann HO. Bonding to enamel and dentin: A brief history and state of the art. *Quintessence In.* 1995;26:95-110.
79. Swift EJ. Dentin bonding: what is the state of the art?. *Compend. Cont. Edu. Dent.* 2001;22:4-7.
80. Tay FR, Sano H, Carvalho R, Pashley EL, Pashley DH. An ultrastructural study of the influence of acidity of self-etching primers and smear layer thickness on bonding to intact dentin. *J Adhes Dent.* 2000;2:83-98.
81. Tay FR, King NM, Suh BI, Pashley DH. Effect of delayed activation of light-cured resin composites on bonding of all-in-one adhesives. *J Adhes Dent.* 2001; 3:207-225.
82. Tay FR, Pashley DH, Yoshiyama M. Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. *J Dent Res.* 2002a; 81:472-476.

83. Tay FR, King NM, Chan KM, Pashley DH. How can nanoleakage occur in self-etching adhesive systems that demineralize and infiltrate simultaneously?. *J Adhes Dent*. 2002b;4:255-269.
84. Tay FR, Pashley DH. Water treeing-a potential mechanism for degradation of dentin adhesives. *Am J Dent*. 2003a;16:6-12.
85. Tay FR, Pashley DH. Have dentin adhesives become too hydrophilic? *J Can Dent Assoc*. 2003b;69:726-731.
86. Tao L, Tagami J, Pashley DH. Pulpal pressure and bond strengths of SuperBond and Gluma. *Am J Dent*. 1991;4:73-76.
87. Toledano M, Osorio R, Ceballos L, Fuentes MV, Fernandes CA, Tay FR. Microtensile bond strength of several adhesive systems to different dentin depths. *Am J Dent*. 2003;16:292-298.
88. Trikalinos TA, Trow P, Schmid CH. Simulation-Based Comparison of Methods for Meta-Analysis of Proportions and Rates. Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality (US); 2013.
89. Van Hassel HJ. Physiology of the Human Dental Pulp. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1971;32:126-134.
90. Van Landuyt KL, Peumans M, De Munck J, Lambrecht P, Van Meerbeek B. Extension of a one-step self-etch adhesive into a multi-step adhesive. *Dent Mater*. 2006;22:533-544
91. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*. 2007;28:3757-3785.
92. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vuay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent*. 2003;28:215-235.
93. Yiu CK, King NM, Pashley DH, Suh BI, Carvalho RM, Carrilho MR, et al. Effect of resin hydrophilicity and water storage on resin strength. *Biomaterials*. 2004;25:5789-5796.
94. Yiu CK, Pashley EL, Hiraishi N, King NM, Goracci C, Ferrari M, et al. Solvent and water retention in dental adhesive blends after evaporation. *Biomaterials*. 2005;26:6863-6872.
95. Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Torii Y, Ogawa T, et al. Self-assembled Nano-layering at the Adhesive interface. *J Dent Res*. 2012;91:376-378.

Anexo A - Tabelas

Tabela A. 1: Estatística descritiva dos valores de permeabilidade dentinária.

Descriptives		Statistic	Std. Error
ARCONE_PERMADEBIVO	FUTURA BOND U BEL F-ETCH	Mean	,278208
		86% Confidence Interval for Mean	
		Lower Bound	,204748
		Upper Bound	,363884
		69% Trimmed Mean	,232467
		Median	,288888
		Variance	,008
		Std. Deviation	,0883887
		Minimum	,1038
		Maximum	,3888
		Range	,2828
		Interquartile Range	,1818
		Skewness	-,688
		Kurtosis	-,800
		Mean	,464846
		86% Confidence Interval for Mean	
		Lower Bound	,337806
		Upper Bound	,622088
		69% Trimmed Mean	,462081
FUTURA BOND U BEL F-ETCH-RNBE	FUTURA BOND U BEL F-ETCH-RNBE	Mean	,464846
		86% Confidence Interval for Mean	
		Lower Bound	,337806
		Upper Bound	,622088
		69% Trimmed Mean	,462081
		Median	,428817
		Variance	,008
		Std. Deviation	,0874788
		Minimum	,3678
		Maximum	,8017
		Range	,2441
		Interquartile Range	,1668
		Skewness	,788
		Kurtosis	-,884
		Mean	,388788
		86% Confidence Interval for Mean	
		Lower Bound	,312208
		Upper Bound	,487288
		69% Trimmed Mean	,402420
BOOTH BOND 1XT	BOOTH BOND 1XT	Mean	,408876
		86% Confidence Interval for Mean	
		Lower Bound	,312208
		Upper Bound	,487288
		69% Trimmed Mean	,402420
		Median	,408876
		Variance	,018
		Std. Deviation	,1123767
		Minimum	,1888
		Maximum	,6826
		Range	,3788
		Interquartile Range	,1727
		Skewness	-,626
		Kurtosis	,081
		Mean	,348888
		86% Confidence Interval for Mean	
		Lower Bound	,287788
		Upper Bound	,388828
		69% Trimmed Mean	,342140
BABY BOND	BABY BOND	Mean	,328628
		86% Confidence Interval for Mean	
		Lower Bound	,287788
		Upper Bound	,388828
		69% Trimmed Mean	,342140
		Median	,328628
		Variance	,004
		Std. Deviation	,068804
		Minimum	,2682
		Maximum	,4808
		Range	,2024
		Interquartile Range	,0748
		Skewness	,814
		Kurtosis	-,717
		Mean	,328628
		86% Confidence Interval for Mean	
		Lower Bound	,287788
		Upper Bound	,388828
		69% Trimmed Mean	,342140

Descriptive					
Análisis			Statistic	Std. Error	
ARC BOND PERMIHIDROPO	FUTURA BOND U BEL F-ETCH	Kurtosis		,302	1,400
		Mean		,122886	,0183604
		86% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	,034881	
			Upper Bound	,180289	
		6% Trimmed Mean		,122182	
		Median		,122112	
		Variance		,002	
		Std. Deviation		,0480611	
		Minimum		,0600	
		Maximum		,1382	
		Range		,1382	
		Interquartile Range		,0380	
		Skewness		-,282	,717
	Kurtosis		-,801	1,400	
	FUTURA BOND U BEL F-RNBE	Mean		,228808	,0214244
		86% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	,164202	
			Upper Bound	,288608	
		6% Trimmed Mean		,224728	
		Median		,187267	
		Variance		,008	
		Std. Deviation		,0844621	
Minimum			,1262		
Maximum			,2887		
Range			,2412		
Interquartile Range			,1342		
Skewness			,406	,717	
Kurtosis			-1,788	1,400	
BOOTH BOND 1XT	Mean		,272826	,0280826	
	86% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	,206246		
		Upper Bound	,340024		
	6% Trimmed Mean		,278182		
	Median		,262820		
	Variance		,002		
	Std. Deviation		,0372804		
	Minimum		,1088		
	Maximum		,2722		
	Range		,2828		
	Interquartile Range		,1288		
	Skewness		-,482	,717	
	Kurtosis		-,082	1,400	
BABY BOND	Mean		,166214	,0181210	
	86% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	,117801		
		Upper Bound	,182622		
	6% Trimmed Mean		,162167		
	Median		,148214		
	Variance		,002		
	Std. Deviation		,0426420		
	Minimum		,0262		
	Maximum		,2822		
	Range		,1770		
Interquartile Range		,0418			

Descriptives			
ADESIVO		Statistic	Std. Error
Skewness		1,236	,717
Kurtosis		3,017	1,400

Tabela A. 2: Teste de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk, para avaliação da normalidade da distribuição dos valores de permeabilidade.

Tests of Normality							
ADESIVO		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
ARCSINE_PERMADESIVO	FUTURABOND U SELF-ETCH	,139	9	,200 [*]	,947	9	,662
	FUTURABOND U ETCH-RINSE	,248	9	,116	,894	9	,217
	SCOTCHBOND 1XT	,122	9	,200 [*]	,973	9	,919
	EASY BOND	,178	9	,200 [*]	,944	9	,628
ARCSINE_PERMHIDROFO	FUTURABOND U SELF-ETCH	,186	9	,200 [*]	,910	9	,319
	FUTURABOND U ETCH-RINSE	,223	9	,200 [*]	,871	9	,127
	SCOTCHBOND 1XT	,177	9	,200 [*]	,917	9	,370
	EASY BOND	,264	9	,070	,887	9	,186

^{*}. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Tabela A. 3: Teste de Levene, para avaliação da homogeneidade de variâncias.

Test of Homogeneity of Variance					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
ARCSINE_PERMADESIVO	Based on Mean	1,116	3	32	,357
	Based on Median	,892	3	32	,456
	Based on Median and with adjusted df	,892	3	29,586	,457
	Based on trimmed mean	1,076	3	32	,373
ARCSINE_PERMHIDROFO	Based on Mean	4,340	3	32	,011
	Based on Median	2,691	3	32	,063
	Based on Median and with adjusted df	2,691	3	27,368	,066
	Based on trimmed mean	4,365	3	32	,011

Tabela A. 4: Student's t-teste para comparação da permeabilidade após aplicação de adesivo e após aplicação da camada de resina hidrófoba.

Paired Samples Test

		df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	ARCSINE_PERMADESIVO - ARCSINE_PERMHIDROFO	35	,000

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	ARCSINE_PERMADESIVO	,369412	36	,1097831	,0182972
	ARCSINE_PERMHIDROFO	,194430	36	,0918952	,0153159

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	ARCSINE_PERMADESIVO & ARCSINE_PERMHIDROFO	36	,822	,000

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		
					Lower	Upper	
Pair 1	ARCSINE_PERMADESIVO - ARCSINE_PERMHIDROFO	,1749823	,0625107	,0104185	,1538317	,1961329	16,795

Tabela A. 5: Teste MANOVA (análise multivariada da variância de duas variáveis dependentes).

ARCSINE_PERMADESIVO					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,153	3	,051	6,075	,002
Within Groups	,269	32	,008		
Total	,422	35			

ARCSINE_PERMHIDROFO					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,125	3	,042	7,834	,000
Within Groups	,170	32	,005		
Total	,296	35			

Tabela A. 6: Testes *post-hoc* segundo o método de Tukey, para comparação dos diferentes grupos experimentais.

Multiple Comparisons					
Dependent Variable: ARCSINE_PERMADESIVO					
Tukey HSD					
(I) ADESIVO	(J) ADESIVO	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% ... Lower Bound
FUTURABOND U SELF-ETCH	FUTURABOND U ETCH-RINSE	-,1756394 [*]	,0432015	,002	-,292688
	SCOTCHBOND 1XT	-,1205298 [*]	,0432015	,042	-,237578
	EASY BOND	-,0646567	,0432015	,451	-,181705
FUTURABOND U ETCH-RINSE	FUTURABOND U SELF-ETCH	,1756394 [*]	,0432015	,002	,058591
	SCOTCHBOND 1XT	,0551096	,0432015	,585	-,061939
	EASY BOND	,1109827	,0432015	,068	-,006066
SCOTCHBOND 1XT	FUTURABOND U SELF-ETCH	,1205298 [*]	,0432015	,042	,003481
	FUTURABOND U ETCH-RINSE	-,0551096	,0432015	,585	-,172158
	EASY BOND	,0558731	,0432015	,574	-,061175
EASY BOND	FUTURABOND U SELF-ETCH	,0646567	,0432015	,451	-,052392
	FUTURABOND U ETCH-RINSE	-,1109827	,0432015	,068	-,228031
	SCOTCHBOND 1XT	-,0558731	,0432015	,574	-,172921

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ARCSINE_PERMADESIVO

Tukey HSD

(I) ADESIVO	(J) ADESIVO	95% ...
		Upper Bound
FUTURABOND U SELF-ETCH	FUTURABOND U ETCH-RINSE	-,058591
	SCOTCHBOND 1XT	-,003481
	EASY BOND	,052392
FUTURABOND U ETCH-RINSE	FUTURABOND U SELF-ETCH	,292688
	SCOTCHBOND 1XT	,172158
	EASY BOND	,228031
SCOTCHBOND 1XT	FUTURABOND U SELF-ETCH	,237578
	FUTURABOND U ETCH-RINSE	,061939
	EASY BOND	,172921
EASY BOND	FUTURABOND U SELF-ETCH	,181705
	FUTURABOND U ETCH-RINSE	,006066
	SCOTCHBOND 1XT	,061175

*, The mean difference is significant at the 0.05 level.

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ARCSINE_PERMHIDROFO

Tukey HSD

(I) ADESIVO	(J) ADESIVO	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% ...
					Lower Bound
FUTURABOND U SELF-ETCH	FUTURABOND U ETCH-RINSE	-,1042411 [*]	,0344010	,024	-,197446
	SCOTCHBOND 1XT	-,1502697 [*]	,0344010	,001	-,243474
	EASY BOND	-,0325493	,0344010	,780	-,125754
FUTURABOND U ETCH-RINSE	FUTURABOND U SELF-ETCH	,1042411 [*]	,0344010	,024	,011036
	SCOTCHBOND 1XT	-,0460285	,0344010	,546	-,139233
	EASY BOND	,0716918	,0344010	,180	-,021513
SCOTCHBOND 1XT	FUTURABOND U SELF-ETCH	,1502697 [*]	,0344010	,001	,057065
	FUTURABOND U ETCH-RINSE	,0460285	,0344010	,546	-,047176
	EASY BOND	,1177204 [*]	,0344010	,009	,024516
EASY BOND	FUTURABOND U SELF-ETCH	,0325493	,0344010	,780	-,060655
	FUTURABOND U ETCH-RINSE	-,0716918	,0344010	,180	-,164896
	SCOTCHBOND 1XT	-,1177204 [*]	,0344010	,009	-,210925

Dependent Variable: ARCSINE_PERMHIDROFO

Tukey HSD

		95% ...
(I) ADESIVO	(J) ADESIVO	Upper Bound
FUTURABOND U SELF-ETCH	FUTURABOND U ETCH-RINSE	-,011036
	SCOTCHBOND 1XT	-,057065
	EASY BOND	,060655
FUTURABOND U ETCH-RINSE	FUTURABOND U SELF-ETCH	,197446
	SCOTCHBOND 1XT	,047176
	EASY BOND	,164896
SCOTCHBOND 1XT	FUTURABOND U SELF-ETCH	,243474
	FUTURABOND U ETCH-RINSE	,139233
	EASY BOND	,210925
EASY BOND	FUTURABOND U SELF-ETCH	,125754
	FUTURABOND U ETCH-RINSE	,021513
	SCOTCHBOND 1XT	-,024516

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

ARCSINE_PERMADESIVO

Tukey HSD^a

ADESIVO	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
FUTURABOND U SELF-ETCH	9	,279206	
EASY BOND	9	,343863	,343863
SCOTCHBOND 1XT	9		,399736
FUTURABOND U ETCH-RINSE	9		,454845
Sig.		,451	,068

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

ARCSINE_PERMHIDROFO

Tukey HSD^a

ADESIVO	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
FUTURABOND U SELF-ETCH	9	,122665		
EASY BOND	9	,155214	,155214	
FUTURABOND U ETCH-RINSE	9		,226906	,226906
SCOTCHBOND 1XT	9			,272935
Sig.		,780	,180	,546

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

Anexo B - Figuras

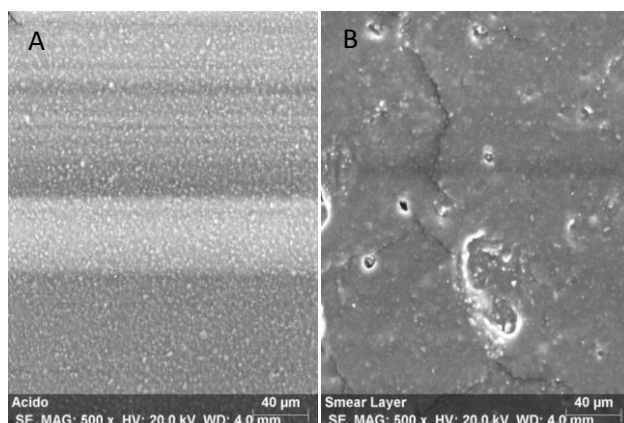


Figura A 1. **A** – Imagem de SEM (500X) de zona de permeabilidade identificada por elevações globulares após condicionamento ácido. **B** – Imagem de SEM (500X) de zona de não permeabilidade com ausência de elevações globulares após *smear-layer*.

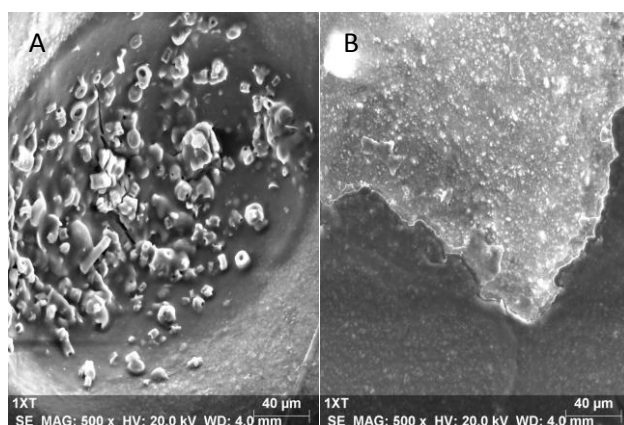


Figura A 2. **A e B** – Imagens de SEM (500X) de zonas de permeabilidade identificadas por elevações globulares após aplicação de sistema adesivo Scotchbond 1XT.

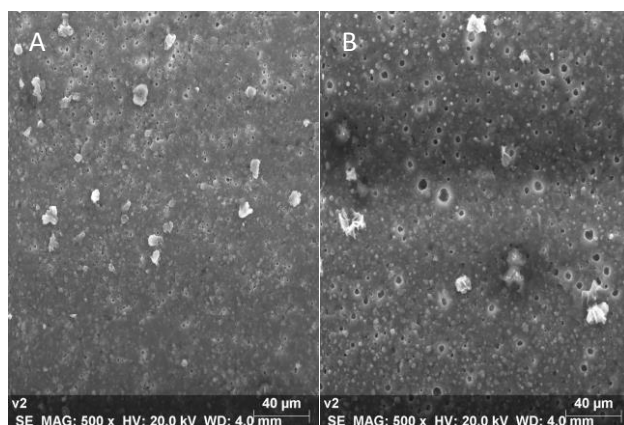


Figura A 3. **A e B** – Imagens de SEM (500X) de zonas de permeabilidade identificadas por elevações globulares após aplicação de sistema adesivo Futurabond U (*etch-and-rinse*).

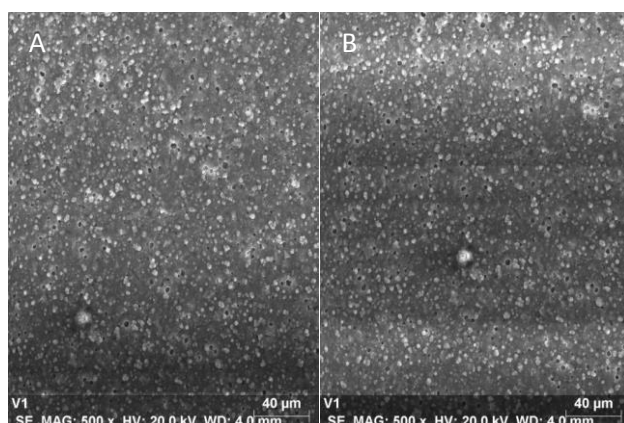


Figura A 4. **A e B** – Imagens de SEM (500X) de zonas de permeabilidade identificadas por elevações globulares após aplicação de sistema adesivo Futurabond U (*self-etch*).

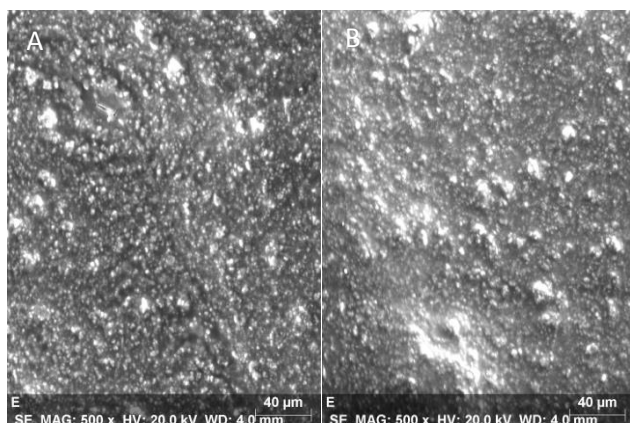


Figura A 5. A e B – Imagens de SEM (500X) de zonas de permeabilidade após aplicação de sistema adesivo Easybond.

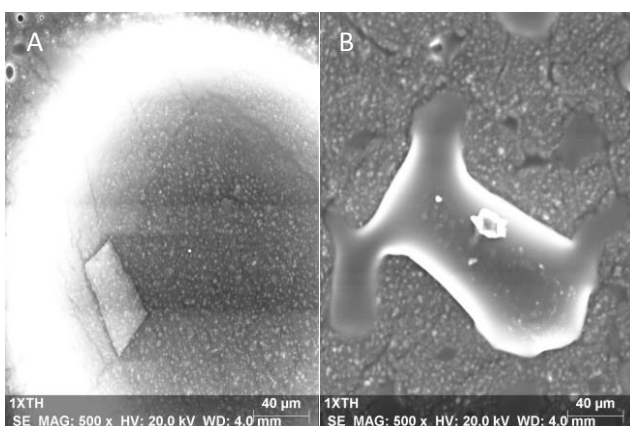


Figura A 6. A e B – Imagens de SEM (500X) de zonas de permeabilidade após aplicação de camada hidrófoba sobre sistema adesivo Scotchbond 1XT.

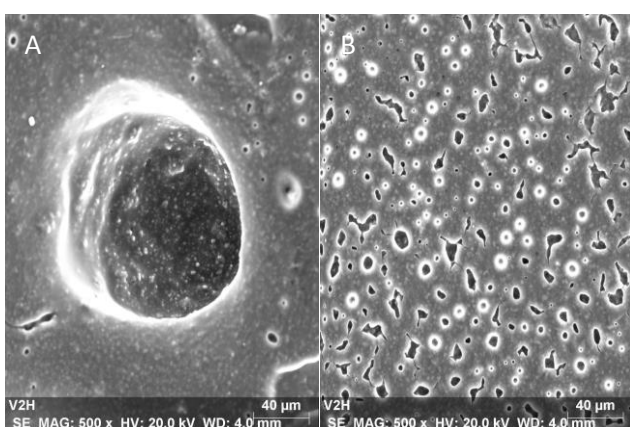


Figura A 7. A e B – Imagens de SEM (500X) de zonas de permeabilidade após a aplicação de camada hidrófoba sobre sistema adesivo Futurabond U (*etch-and-rinse*).

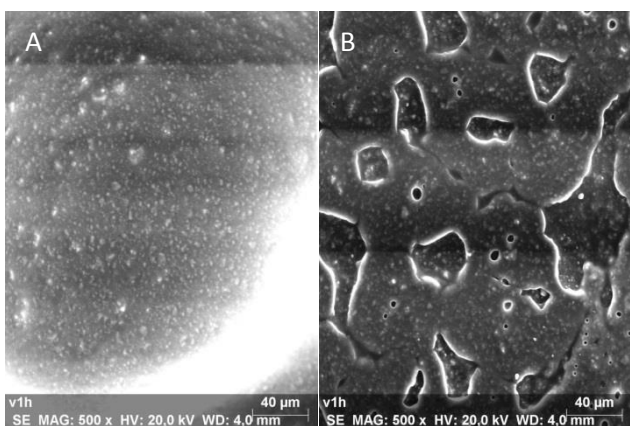


Figura A 8. A e B – Imagens de SEM (500X) de zonas de permeabilidade após a aplicação de camada hidrófoba sobre sistema adesivo Futurabond U (*self-etch*).

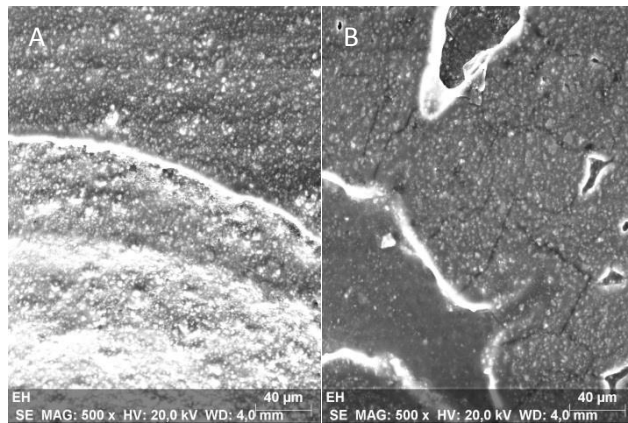


Figura A 9. A e B – Imagens de SEM (500X) de zonas de permeabilidade após a aplicação de camada hidrófoba sobre sistema adesivo Easybond.